

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-136378

(43)Date of publication of application : 18.05.2001

(51)Int.Cl.

H04N 1/393
G06T 3/40

(21)Application number : 2000-252146

(71)Applicant : ASAHI OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 23.08.2000

(72)Inventor : ABE NOBUSATO

(30)Priority

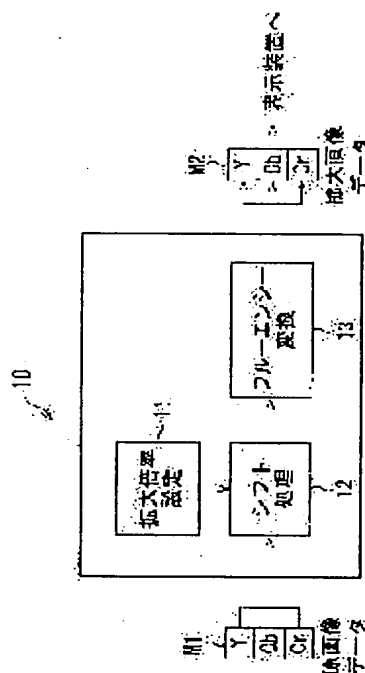
Priority number : 11235960 Priority date : 23.08.1999 Priority country : JP

(54) MAGNIFIED IMAGE FORMING DEVICE AND ITS METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form magnified image data having a larger number of pixels than that of original image data from the original image data while suppressing deterioration of picture.

SOLUTION: A magnification setting part 11, a shift processing part 12 and a fluency conversion part 13 are provided within a magnified image forming device 10. The part 11 sets magnification. The part 12 arranges the pixel of the original image data at the position of corresponding magnified image data and when the magnification is odd, the part 12 shifts the pixel position of the magnification image data to be formed. Then, the part 13 executes fluency conversion to the arranged original image data. Thus, the magnified image data is formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3655814

[Date of registration] 11.03.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is expansion image generation equipment which generates the expansion image data which consists of many pixels from the number of pixels of subject-copy image data to said subject-copy image data which consist of predetermined numbers of pixels arranged in the shape of a matrix. That said subject-copy image data are horizontal at least and an magnifying-power setting means to set up one magnifying power of vertical, A pixel arrangement means to arrange each pixel of said subject-copy image data in the location which corresponds in said expansion image data generated according to said magnifying power, An magnifying-power detection means to detect whether the number of said magnifying power set up is odd, The shift means to which only the movement magnitude according to said magnifying power moves relatively the pixel location of said expansion image data generated to the location of the pixel of said arranged subject-copy image data when the number of said magnifying power is odd, Expansion image generation equipment characterized by having an expansion image generation means to generate said expansion image data by performing FURU en C conversion according to said magnifying power, to each pixel of said arranged subject-copy image data.

[Claim 2] Expansion image generation equipment according to claim 1 characterized by said expansion image generation means generating said expansion image data by performing FURU en C conversion shown in a degree type to each pixel of said subject-copy image data.

[Formula 1]

$$f(t) = (1/2\pi) \int_{-\pi}^{\pi} F(u) [\cdot] \phi(t, u) du$$

ただし、

$$[\cdot] \phi(t, u) = (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \sum_{p=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - u + 2\pi p) \right\} \\ \times \left\{ \sum_{q=-\infty}^{\infty} (1 - q(2\pi/\omega))^{-2m} \right\}^{-1/2} \times \exp(i\omega t) d\omega$$

However, F (u) is made into the pixel value of said subject-copy image data, and f (t) is determined

as the output value. $\phi(t, u)$ is FURU en C functional space. It is the function of mS and $m(1, 2, 3 \dots)$ of functional space is a parameter which shows differentiability.

[Claim 3] Expansion image generation equipment according to claim 2 characterized by for said expansion image generation means generating the output value by said FURU en C conversion to each pixel value of said subject-copy image data, and determining total of the output value of said FURU en C conversion corresponding to the location of each pixel in said expansion image data as the pixel value of said expansion image data.

[Claim 4] Claim 1 characterized by said expansion image generation means generating said expansion image data by generating two or more pixel values which met horizontally from the pixel of said arranged subject-copy image data by FURU en C conversion to a horizontal direction, and performing FURU en C conversion to a perpendicular direction to two or more pixel values which met said horizontal direction after that, or expansion image generation equipment according to claim 3.

[Claim 5] When FURU en C conversion to said horizontal direction is performed for said shift means to the pixel of said subject-copy image data, Said pixel location is horizontally moved so that a pixel may be located between the pixel locations contiguous to the pixel location of said expansion image data generated. Furthermore, when FURU en C conversion to said perpendicular direction is performed to two or more pixel values along said horizontal direction, Expansion image generation equipment according to claim 4 characterized by moving said pixel location perpendicularly so that a pixel may be located between the pixel locations contiguous to the pixel location of said expansion image data generated.

[Claim 6] horizontal and expansion image generation equipment according to claim 5 characterize for the pixel location of said expansion image data generate by horizontal and to move only $1/(2Z)$ only of movement magnitude perpendicularly, respectively when the die length of the vertical number of pixels be set to 1 of the block which said shift means set said magnifying power to Z , and be generate by said FURU en C conversion to one pixel of said subject copy image data.

[Claim 7] It is the expansion image generation method which generates the expansion image data which consists of many pixels from the number of pixels of subject-copy image data to said subject-copy image data which consist of predetermined numbers of pixels arranged in the shape of a matrix. That said subject-copy image data are horizontal at least and the 1st step which sets up one magnifying power of vertical, The 2nd step which arranges each pixel of subject-copy image data in the location which corresponds in said expansion image data generated according to said magnifying power, The 3rd step which detects whether the number of said magnifying power set up is odd, The 4th step to which only the movement magnitude according to said magnifying power moves relatively the pixel location of said expansion image data generated to the location of the pixel of said arranged subject-copy image data when the number of said magnifying power is odd, The expansion image generation method characterized by having the 5th step which generates said expansion image data by performing FURU en C conversion according to said magnifying power to each pixel of said arranged subject-copy image data.

[Claim 8] It is the record medium which stored the program which performs expansion image generation processing which generates the expansion image data which consists of many pixels from the number of pixels of subject-copy image data to said subject-copy image data which consist of predetermined numbers of pixels arranged in the shape of a matrix. One magnifying power of horizontal and the perpendicular directions of said subject-copy image data is set up at least. Each pixel of subject-copy image data is arranged in the location which corresponds in said expansion image data generated according to said magnifying power. When it detects whether the number of said magnifying power set up is odd and the number of said magnifying power is odd, Only the movement magnitude according to said magnifying power the pixel location of said expansion image data generated By making it move relatively to the location of the pixel of said arranged subject-copy image data, and performing FURU en C conversion to each pixel of said arranged subject-copy

image data according to said magnifying power. The record medium which is characterized by generating said expansion image data and in which computer reading is possible.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention expands the subject-copy image data which consist of a small number of pixel, and relates to the expansion image generation equipment which generates the expansion image data which consists of many pixels from subject-copy image data.

[0002]

[Description of the Prior Art] The subject-copy image data which consist of small numbers of pixels conventionally are expanded, the expansion image generation equipment which generates the expansion image data which consists of more pixels is known, in expansion processing, interpolation processing, such as linear interpolation, is performed to the pixel of subject-copy image data, and, thereby, the pixel value of expansion image data is generated. The expansion image to which it became possible to change and display the digital image displayed on the indicating equipment (display) which consists of a small number of pixels on the indicating equipment of the big screen which consists of more pixels according to such expansion image generation equipment, and some subject-copy images were expanded in the same indicating equipment can also be displayed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in interpolation processing of linear interpolation etc., about the pixel which the expansion image data generated adjoins, a pixel value change does not become smooth and accurate expansion image data is not generated. That is, image quality deteriorates in expansion processing.

[0004] This invention aims at obtaining the expansion image generation equipment which expands subject-copy image data and generates expansion image data, suppressing degradation of image quality.

[0005]

[Means for Solving the Problem] The expansion image generation equipment of this invention is expansion image generation equipment which generates the expansion image data which consists of many pixels from the number of pixels of subject-copy image data to the subject-copy image data which consist of predetermined numbers of pixels arranged in the shape of a matrix. That said subject-copy image data are horizontal at least and an magnifying-power setting means to set up one magnifying power of vertical, A pixel arrangement means to arrange each pixel of subject-copy image data in the location which corresponds in said expansion image data generated according to magnifying power, An magnifying-power detection means to detect whether the number of the

magnifying power set up is odd, The shift means to which only the movement magnitude according to magnifying power moves the pixel location of the expansion image data generated relatively to the location of the pixel of the arranged subject-copy image data when the number of magnifying power is odd. It is characterized by having an expansion image generation means to generate expansion image data by performing FURU en C conversion according to magnifying power to each pixel of the arranged subject-copy image data. Thus, by performing FURU en C conversion to each pixel of subject-copy image data, the pixel value of expansion image data is generated so that a pixel value change may become smooth. Moreover, by performing shift processing, when the number of magnifying power is odd, a pixel value change becomes smooth and the expansion image data by which image quality degradation was suppressed is generated.

[0006] As for an expansion image generation means, it is desirable to generate expansion image data by performing FURU en C conversion shown in a degree type to each pixel of subject-copy image data.

[Formula 2]

$$f(t) = (1/2\pi) \int_{-\pi}^{\pi} F(u) [\phi(t, u)] du$$

ただし、

$$[\phi(t, u)] = (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \sum_{p=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - u + 2\pi p) \right\} \\ \times \left\{ \sum_{q=-\infty}^{\infty} (1 - q(2\pi/\omega))^{-2m} \right\}^{-1/2} \times \exp(i\omega t) d\omega \\ \dots\dots\dots (1)$$

However, $F(u)$ is made into the pixel value of subject-copy image data, and $f(t)$ is determined as the output value. $\phi(t, u)$ is FURU en C functional space. It is the function of mS and m (1, 2, 3) of functional space is a parameter which shows differentiability. (1) By using a formula, the discrete pixel value of the subject-copy image data which are a value is changed into the output value which takes a continuous value.

[0007] As for an expansion image generation means, it is desirable to generate the output value by FURU en C conversion to each pixel value of subject-copy image data, and to determine total of the output value of the FURU en C conversion corresponding to the location of each pixel in expansion image data as the pixel value of expansion image data. Thereby, the pixel value change of the expansion image data generated becomes smooth.

[0008] As for an expansion image generation means, it is desirable to generate expansion image data by generating two or more pixel values which met horizontally, and performing FURU en C conversion to a perpendicular direction from the pixel of the arranged subject-copy image data, by FURU en C conversion to a horizontal direction, to two or more pixel values which met horizontally after that. The block which consists of two or more pixels which responded to magnifying power from one pixel of subject-copy image data by such conversion is generated.

[0009] When, as for a shift means, FURU en C conversion to a horizontal direction is performed to the pixel of subject-copy image data, A pixel location is horizontally moved so that a pixel may be located between the pixel locations contiguous to the pixel location of the expansion image data

generated. Furthermore, when FURU en C conversion to a perpendicular direction is performed to two or more pixel values which met horizontally, it is desirable to move a pixel location perpendicularly so that a pixel may be located between the pixel locations contiguous to the pixel location of the expansion image data generated.

[0010] For example, a shift means sets magnifying power to Z , and only $1/(2Z)$ only of movement magnitude moves the pixel location of the horizontal and the expansion image data generated when the die length of the vertical number of pixels is set to 1 of a pixel block generated by the FURU en C conversion to one pixel of subject-copy image data to horizontal and a perpendicular direction, respectively. In this case, the pixel location of subject-copy image data is arranged between the pixel locations of expansion image data and pixel locations which are generated.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Below, with reference to a drawing, the expansion image generation equipment which is the operation gestalt of this invention is explained.

[0012] Drawing 1 is the block diagram of expansion image generation equipment. Expansion image generation equipment is controlled by CPU (not shown), and expansion processing of image data is performed. The program for performing expansion processing is recorded on the record medium (not shown).

[0013] The subject-copy image data of the brightness data Y and the color difference data Cb and Cr are stored in the storing memory $M1$. This subject-copy image data is equivalent to the image photoed with the digital camera etc., and consists of two or more pixels. The subject-copy image data of the brightness data Y and the color difference data Cb and Cr are stored in the field which became independent in the storing memory $M1$, respectively, and if inputted into expansion image generation equipment 10, expansion processing of them will be carried out separately, respectively.

[0014] Expansion image generation equipment 10 consists of the magnifying-power setting section 11, the shift processing section 12, and a FURU en C transducer 13, and generates the expansion image data which consists of numbers of pixels of subject-copy image data with many numbers of pixels.

[0015] Actuation or the control device from the outside (not shown) of the switch (not shown) according to an operator at the magnifying-power setting section 11 The magnifying power of the expansion image data to subject-copy image data is set up. Let magnifying power be an integral multiple with this operation gestalt.

[0016] In the shift processing section 12, each pixel of subject-copy image data is arranged in the location which corresponds in expansion image data. And when the number of magnifying power is odd, shift processing is performed to each pixel of subject-copy image data. On the other hand, when the number of magnifying power is even, shift processing is not performed to each pixel of subject-copy image data. In addition, shift processing is explained in full detail later.

[0017] In the FURU en C transducer (expansion image generation section) 13, FURU en C conversion is performed to each pixel of subject-copy image data, and, thereby, expansion image data is generated. The generated expansion image data is sent to the storing memory $M2$.

[0018] The expansion image data of the brightness data Y and the color difference data Cb and Cr is sent to an external indicating equipment etc., and, thereby, the expansion image data which consists of numbers of pixels of subject-copy image data by many pixels is displayed on an indicating equipment as an image.

[0019] Drawing 2 is drawing having shown the expansion processing to subject-copy image data.

[0020] The subject-copy image data P consisted of the number of pixels of $A \times C$, and the pixel of C individual is horizontally located in a line with A pieces and a perpendicular direction in the shape of a matrix. Here, a y -coordinate ($0 \leq y < C$) is horizontally set as an x -coordinate ($0 \leq x < A$) and a perpendicular direction for the upper left corner of the subject-copy image data P as a zero. For example, the pixel which meets horizontally and is located in the t -th along the s -th perpendicular direction is expressed as P_{ts} .

[0021] According to magnifying power (3 times), FURU en C conversion is performed to respectively horizontal and a perpendicular direction to each pixel P_{yx} of the subject-copy image data P. However, the magnifying power in this operation gestalt shows the dilation ratio to a horizontal direction and each perpendicular direction. For example, the pixel block I which FURU en C conversion to a horizontal direction is performed first, meets horizontally to Pixel P_{ts} , and consists of three pixels is generated. Furthermore, FURU en C conversion to a perpendicular direction is performed to three generated pixels, and, thereby, the block B0 which consists of a $3 \times 3 = 9$ piece pixel is generated.

[0022] And expansion image data J which consists of blocks B which consist of a $3 \times 3 = 9$ piece pixel is generated by performing FURU en C conversion to all the pixels P_{yx} of the subject-copy image data P. The location of Block B is equivalent to the location of the pixel P_{yx} of the subject-copy image data P set as the object of FURU en C conversion in expansion image data J. For example, the location of block B0 is equivalent to the location of the pixel P_{ts} of the subject-copy image data P, and is horizontally located in the s-th block and a perpendicular direction in expansion image data J at the t-th block. In addition, in expansion image data J, the block of those other than block B0 is expressed as B here.

[0023] In order to show the location of the pixel within block B0, each $[x' (0 \leq x' \leq 2)]$ and $[y' (0 \leq y' \leq 2)]$ set up the coordinate of y' perpendicularly and x' within block B0 pixel is horizontally expressed as $I'_{y'x'}$. The pixel J_{yx} of expansion image data J and $I'_{y'x'}$ fill the relation of a degree type.

[Formula 3]

$$J_{yx} = J_{t \times 3 + y', s \times 3 + x'} = I'_{y'x'} \quad \dots (2)$$

[0024] thus, the case where, as for each pixel P_{yx} , FURU en C conversion is performed -- **** -- it is arranged in the location where last expansion image data J corresponds, i.e., the center position of Block B generated.

[0025] The number of the horizontal pixels of the number of pixels with expansion image data J horizontal since nine pixel blocks B doubled three perpendicularly, respectively are generated, and a perpendicular direction serves as 3A and 3C from one pixel P_{yx} of the subject-copy image data P, respectively. The number of pixels of that magnifying power is horizontal and the block B generated from it being a dilation ratio about a perpendicular direction serves as a square of magnifying power.

[0026] Thus, as for the subject-copy image data P of $A \times C$, magnifying power is changed into expansion image data J of $3A \times 3C$ by FURU en C conversion by 3 times.

[0027] FURU en C conversion is explained with reference to drawing 3 - drawing 6. Since FURU en C conversion is conversion based on a FURU en C (Fluency) function, it explains FURU en C functional space and a FURU en C function first, and describes after that the FURU en C conversion which is orthogonal transformation.

[0028] It is known conventionally, using a FURU en C function as the function which can express various signals appropriately, for example, is indicated by "mathematical science No.363 and pp 8-12 (1993)" (henceforth reference 1).

[0029] First, the functional space of a FURU en C function is defined. It is functional space when (4) types show the function which consists of a stair-like function generated by the boxcar function shown by (3) formulas, as shown below. mS is defined by (5) types. However, bn of (4) types is a multiplier.

[0030]

[Formula 4]

$$\chi(t) = \begin{cases} 1, & |t| \leq 1/2 \\ 0, & \text{その他} \end{cases} \dots\dots\dots(3)$$

$$^1S := \left\{ f: R \rightarrow C \mid f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \chi(t-n), \quad \{b_n\} \in l^2 \right\}$$

$$\dots(4)$$

$$^mS := \left\{ h: R \rightarrow C \mid h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t-\tau)g(\tau)d\tau, \quad f \in {}^{m-1}S, \quad g \in {}^1S \right\}$$

$$(m \geq 2) \quad \dots(5)$$

[0031] functional space m of mS -- time $(m-2)$ continuation -- differentiable -- at most $(m-1)$ -- it means that the function consists of the following dividing polynomial. Moreover, (5) types show that the convolution integral is given.

[0032] This functional space of a series of mS serves as functional space which ties up from stair-like functional space ($m=1$) to the fourier band limit functional space ($m \rightarrow \infty$) by making continuation differentiability m into a parameter. functional space the function system equivalent to the impulse response by which mS is characterized -- sampling -- it draws by the congruence rectangular cross sampling theorem as a group of the base and its congruence orthogonal basis -- having -- **** -- this theorem -- setting -- function f^{**} mS of arbitration -- sampled value f_n : (6) and (7) types are filled to $=f(n)$.

[0033]

[Formula 5]

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f_n [\cdot_S] \phi(t-n) \quad \dots(6)$$

$$f_n = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{[\cdot_S] \phi(t-n)} dt \quad \dots(7)$$

ただし、 $[\cdot_S] \phi \in {}^m S$ は、

$$[\cdot_S] \phi \in {}^m S = (1/2\pi) \int \left\{ \sum_{q=-\infty}^{\infty} [(-1)^q (1 - q(2\pi/\omega))]^m \right\}^{-1} \times \exp(i\omega t) d\omega$$

$[\cdot_S] \phi \in {}^m S$ は、

$$\int_{-\infty}^{\infty} [\cdot_S] \phi(t-n) \overline{[\cdot_S] \phi(t-p)} dt = \begin{cases} 1, & p = n \\ 0, & p \neq n \end{cases}$$

を満たす

[0034] (6) A formula shows the FURU en C transform function drawn from sampled value, and expresses the extensive form type of the function which makes a sampled value train an expansion coefficient. Moreover, (7) types show the FURU en C inverse transformation function drawn from the FURU en C transform function, and express with the format of integrating conversion the operator which acquires the sampled value train from a function. In addition, p is the variable of arbitration. Moreover, the bar (striping) shown in the upper part of phi shows that the complex conjugate of phi is taken.

[0035] moreover, functional space in ${}^m S$, generalization of the frequency concept in the semantics that it is in agreement with the Fourier transform on the limit which makes m infinite is given -- the orthogonal transformation by which the higher-harmonic structure of ${}^m S$ is characterized is introduced by the FURU en C orthogonal transformation theorem, and function $f^{**} {}^m S$ of arbitration fills (8) and (9) types in this theorem. However, it is the function of phi (t, u) and ${}^m S$, and is Dirac. It is expressed using a delta function. In addition, u is the variable of arbitration.

[0036]

[Formula 6]

$$f(t) = (1/2\pi) \int_{-\pi}^{\pi} F(u) [\pi_0] \phi(t, u) du \quad \dots (8)$$

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{[\pi_0] \phi(t, u)} dt \quad \dots (9)$$

ただし、

$$[\pi_0] \phi(t, u) = (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \sum_{p=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - u + 2\pi p) \right\} \\ \times \left\{ \sum_{q=-\infty}^{\infty} (1 - q(2\pi/\omega))^{-2m} \right\}^{-1/2} \times \exp(i\omega t) d\omega$$

[0037] FURU en C orthogonal transformation and (9) types are expressed with this operation gestalt for (8) types as FURU en C rectangular cross inverse transformation. A framework including such a congruence rectangular cross sampling theorem, orthogonal transformation, etc. is called FURU en C analysis.

[0038] (8) The FURU en C orthogonal transformation of a formula can transform a discrete sample (sampled value) to a continuous function value. So, with this operation gestalt, expansion processing is performed to subject-copy image data using the FURU en C conversion (8) type which is orthogonal transformation. That is, FURU en C conversion of (8) types is applied to each pixel value of subject-copy image data, and expansion image data is generated based on the continuous function value outputted.

[0039] Then, the FURU en C function when setting up the value of Parameter m concretely first is shown.

[0040] functional space mS -- setting -- Parameter m -- one by one -- 1 and 2 -- it asks for the FURU en C function when considering as ... The easiest function system of a FURU en C function is the function which set to f(t) ** 1S of (4) types boxcar function chi (t) shown by (3) formulas, and set this f (t) to function g** 1S in (5) types. That is, output f(t) ** 1S are made into a boxcar function by using a delta function instead of a boxcar function as an input value, and it sets at (5) ceremony, and is functional space. From m-1S to functional space f (t) is made to apply to the function of the convolution performed for conversion to mS.

[0041] Input-value (sampled value) chin It considers as 1 and the delta function which is 0 when other at the time of t=tau (refer to drawing 3). In the case of m= 1, the FURU en C function which is the output is expressed with a degree type.

[0042]

[Formula 7]

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \chi_n \chi(t-n) = \begin{cases} 1, & \tau - 1/2 < t < \tau + 1/2 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases} \quad f(t) \in 1S \\ \dots (10)$$

[0043] The FURU en C function of m= 1 turns into a boxcar function, as drawing 3 shows. And the FURU en C function at the time of being a parameter m= 2 is called for according to this boxcar function and convolution integral with f (t), as shown in a degree type. FURU en C function g (t)

called for becomes a triangle-like function as shown in drawing 4 .

[0044]

[Formula 8]

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t-\tau)f(\tau)d\tau = \begin{cases} t-\tau+1, & \tau-1 < t \leq \tau \\ -t+\tau+1, & \tau < t < \tau+1 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases} \quad g(t) \in {}^2S$$

... (11)

[0045] parameter m= -- 3 and 4 -- it collapses similarly at the time of ..., and an integral is given. That is, if a convolution integral with f (t) of the FURU en C function in a parameter (m-1) and (10) types is given, the functional space of m-1S It is changed into the functional space of mS and, thereby, the FURU en C function in Parameter m is generated.

[0046] For example, FURU en C function [of the shape of a curve as shown in drawing 4] h (t) is called for by giving the convolution integral of g (t) called for by (11) formulas, and f (t) at the time of a parameter m= 3. FURU en C function h (t) is expressed with a degree type.

[0047]

[Formula 9]

$$h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t-\tau)f(\tau)d\tau \quad h(t) \in {}^3S$$

$$= \begin{cases} -\frac{1}{4}(t-\tau+2)^2, & \tau-2 < t < \tau-\frac{3}{2} \\ \frac{3}{4}(t-\tau+1)^2 + \frac{1}{2}(t-\tau+1), & \tau-\frac{3}{2} \leq t < \tau-1 \\ \frac{5}{4}(t-\tau+1)^2 + \frac{1}{2}(t-\tau+1), & \tau-1 \leq t < \tau-\frac{1}{2} \\ -\frac{7}{4}(t-\tau)^2 + 1, & \tau-\frac{1}{2} \leq t < \tau+\frac{1}{2} \\ \frac{5}{4}(t-\tau-1)^2 - \frac{1}{2}(t-\tau-1), & \tau+\frac{1}{2} \leq t < \tau+1 \\ \frac{3}{4}(t-\tau-1)^2 - \frac{1}{2}(t-\tau-1), & \tau+1 \leq t < \tau+\frac{3}{2} \\ -\frac{1}{4}(t-\tau-2)^2, & \tau+\frac{3}{2} \leq t < \tau+2 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases}$$

... (12)

[0048] Thus, a FURU en C function changes to various functions by changing the value of Parameter m. The FURU en C function in m= 1, and 2 and 3 shown by drawing 3 and 4 is a fundamental function used as the example of phi (t) in (6) types, and is indicated by reference 1. And with this operation gestalt, FURU en C conversion based on these FURU en C function shown concretely is performed to the subject-copy image data P.

[0049] In addition, functional space From m-1S In conversion to mS, if f (t) shown in drawing 3 is used for convolution as it is, a function value will not be set to 1 of an input value by t=tau. So, at

this operation gestalt, it is functional space. From m-1S to functional space The function of a configuration as shows f (t) used for convolution at the time of conversion to mS (m>=3) to drawing 5 instead of drawing 3 is used. For example, f (t) is expressed with a degree type at the time of m=3.

[0050]

[Formula 10]

$$f(t) = \begin{cases} -\frac{1}{3}, & \tau-1 < t \leq \tau-\frac{1}{2} \\ \frac{4}{3}, & \tau-\frac{1}{2} < t \leq \tau+\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{3}, & \tau+\frac{1}{2} < t < \tau+1 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases} \quad \dots(13)$$

[0051] Function f (t) is normalized so that area may be set to 1, and thereby, as for a FURU en C function, it makes a normalized system. Therefore, the value of t=tau is always set to 1.

[0052] Drawing 6 is drawing having shown the value of the pixel P_{yx} of the subject-copy image data P, and the value of the pixel J_{yx} of expansion image data J corresponding to it in the graph, respectively. Here, in order to explain the pixel value generation by FURU en C conversion, FURU en C conversion to a horizontal direction is shown. However, it is 8 times the magnifying power of this, and the block generated consists of 8x8=64 piece pixels.

[0053] FURU en C conversion to a horizontal direction is applied to pixel P_{ts-1} which is adjoining three from which the value differed mutually in the subject-copy image data P as an example, P_{ts}, and P_{ts+1}. That is, the FURU en C orthogonal transformation shown in (8) types is made to apply to three pixels. However, input-value F (u) becomes pixel P_{ts-1}, P_{ts}, and the value of P_{ts+1}, respectively.

[0054] f (t) used as an output corresponds to the FURU en C function shown by drawing 3 and drawing 4 . That is, the pixel value which is a sample is changed into the function value which takes a value continuously by FURU en C orthogonal transformation.

[0055] In the case of a parameter m= 1, output f (t) by FURU en C conversion becomes a boxcar function, and eight pixel values with the horizontal block I generated turn into the respectively same value. With this operation gestalt, the output range L of this boxcar function is made to correspond with magnifying power, and it corresponds to the range of eight horizontal pixel values generated in this drawing.

[0056] Output fs-1 to pixel P_{ts-1} and P_{ts+1} of FURU en C conversion and fs+1 if it is a parameter m= 1 The pixel value calculation in block B0 is not influenced. In addition, the vertical line line Q shows each pixel generated by pixel P_{ts-1}, P_{ts}, and FURU en C conversion to the horizontal direction to P_{ts+1}, respectively.

[0057] When FURU en C conversion of three pixel P_{ts-1}, P_{ts(es)}, and the values of P_{ts+1} is carried out by (8) types, respectively in the case of a parameter m= 2, output f (t) is fs-1, fs, and fs+1, respectively, as drawing 6 shows. It becomes. in this case, in the output range of each output, the part which overlaps each other exists and the pixel value of the block I generated corresponds -- each -- output fs-1, fs, and fs+1 It becomes a value adding an output value. That is, the total of each output value according to the location of each pixel in Block I is computed as a pixel value in the location.

[0058] If the value of Parameter m furthermore becomes large, the output range of output f (t) by FURU en C conversion will become larger, and each pixel value of Block I will be computed based on the output value of the FURU en C conversion not only to pixel P_{ts-1} and P_{ts+1} but the other circumference pixel.

[0059] Thus, by making the FURU en C conversion shown by (8) formulas to the pixel P_{yx} of the subject-copy image data P apply horizontally, it meets horizontally and a pixel is generated. Therefore, by performing FURU en C conversion one by one along horizontal and a perpendicular direction to each pixel P_{yx} of the subject-copy image data P, the pixel value between samples is generated (interpolation) and it becomes generable [each pixel J_{yx} of expansion image data] from the sample (pixel value of subject-copy image data) arranged discretely. At this time, the value of Pixel J_{yx} also changes according to the value of Parameter m.

[0060] Generation of expansion image data J by FURU en C conversion is explained using drawing 7 - drawing 10 . However, it is 8 times the magnifying power of this.

[0061] Drawing 7 is drawing having shown the horizontal FURU en C conversion to the subject-copy image data P (especially pixel P_{ts}). With this operation gestalt, Parameter m is set up in 1-3. The circumference pixel of the pixel P_{ts} which is needed for computing each horizontal pixel value of the block I generated by FURU en C conversion to a horizontal direction is expressed with b, c, d, and e, respectively. Moreover, the pixel location in Block I is shown in order of 0, 1, and 2...7 from the left.

[0062] First, each pixel P_{yx} of the subject-copy image data P is arranged in the location which corresponds in expansion image data J generated. That is, Pixel P_{yx} is arranged in a location at the core (core of the block I generated by FURU en C conversion to a horizontal direction) of each block B (B_0). After this pixel arrangement is performed, FURU en C conversion with the predetermined parameter m is performed horizontally. For example, at the horizontal core within the block I generated (between the 3rd pixel location and the 4th pixel locations), FURU en C conversion of the pixel P_{ts} is carried out. Eight pixels which met horizontally by this are called for. Similarly, at the horizontal core (core of Block B) of the block I generated, FURU en C conversion is performed also to other pixels containing Pixels b, c, d, and e.

[0063] Drawing 8 is the table T0 having shown the formula which computes eight pixel values generated horizontally. In this table T0, the arithmetic expression which calculates a pixel value in case Parameters m are 1-3 is shown, respectively, and these formulas are obtained based on (8) types. in addition, eight pixel values generated are corresponded to the pixel locations 0-7 -- as -- respectively -- I0, I1, I2, and ... it expresses I7.

[0064] As shown in drawing 8 , in the case of a parameter $m=1$, they are all the pixel values I0 and I1... I7 becomes the value of the pixel P_{ts} of the subject-copy image data P. On the other hand, in the case of a parameter $m=2$, based on each output value acquired by FURU en C conversion to Pixels c, P_{ts} , and d, eight horizontal pixel values (I0-I7) are calculated. In the case of a parameter $m=3$, eight horizontal pixel values are calculated based on each output value acquired by FURU en C conversion to Pixels b, c, P_{ts} , d, and e. However, the value of each pixel is expressed as the same signs b, c, P_{ts} , d, and e as a pixel here.

[0065] If such horizontal FURU en C conversion is performed to each pixel P_{yx} of the subject-copy image data P next, vertical FURU en C conversion will be performed to eight horizontal pixel values generated from each pixel value.

[0066] Drawing 9 is drawing having shown FURU en C conversion to the perpendicular direction to eight pixel values (especially I0-I7) generated by FURU en C conversion to a horizontal direction. The sequence of 0-7 is set also to the location of each pixel of the perpendicular direction in block B_0 , respectively. In consideration of the FURU en C conversion which is 1-3, the range of Parameter m adds the circumference pixel which is needed for calculating the value of each pixel in block B_0 to b, c, d, and e, and sets it to f, g, h, and k, respectively.

[0067] Since FURU en C conversion is horizontally performed to each pixel P_{yx} of the subject-copy image data P, eight pixel values are horizontally computed also about Pixels f, g, h, and k. For example, it is based on the value of the pixel g of the subject-copy image data P, and they are the pixel values g_0 , g_1 , and g_2 horizontally... g_7 is generated, respectively.

[0068] FURU en C conversion is perpendicularly performed to eight generated horizontal pixel values I0-I7, respectively. At this time, the pixel values I0-I7 are located at the core (between the

3rd and the 4th pixel locations) along the perpendicular direction of the block B0 generated. FURU en C conversion to a perpendicular direction is performed in the condition of having been arranged in each block B generated in the same location also to other pixels f0-f7, g0-g7, h0-h7, and k0-k7. [0069] If FURU en C conversion to a perpendicular direction is performed, the block B0 which consists of a $8 \times 8 = 64$ piece pixel will be generated. If each pixel value of the block B0 generated is indicated to be $I'y'x'$ ($0 \leq x' \leq 7$, $0 \leq y' \leq 7$), each pixel value $I'y'x'$ will be called for by the arithmetic expression shown by drawing 8. However, the pixel values f0-f7, g0-g7, I0-I7, h0-h7, and k0-k7 are used instead of the pixel values b, c, Pts, d, and e, respectively.

[0070] drawing 10 -- **** -- a parameter -- m -- one - three -- a setting range -- setting -- horizontal -- meeting -- seven -- a position -- being located -- eight -- a ** -- a pixel -- a value -- $I'y$ -- ' -- seven ($y'=0-7$) -- asking -- arithmetic expression -- having been shown -- a table -- T -- zero -- ' -- being shown -- ****. For example, in the case of a parameter $m=2$, eight pixel value $Iy'7$ ($y'=0-7$) is calculated based on the value of 3 pixel values g7, I7, and h7, respectively.

[0071] Thus, the block B0 which consists of a $8 \times 8 = 64$ piece pixel is generated by FURU en C conversion of horizontal and a perpendicular direction from Pixel Pts. Expansion image data J is generated by performing FURU en C conversion to all the pixels Pyx of the subject-copy image data P.

[0072] The shift processing performed in the shift processing section 12 (refer to drawing 1) is explained using drawing 11 - drawing 16.

[0073] Drawing 11 is drawing having shown horizontal FURU en C conversion in case the number of magnifying power is odd. Here, magnifying power is made into 3 times.

[0074] When horizontal FURU en C conversion is performed, each pixel Pyx of the subject-copy image data P is arranged in the center position of the block generated. Therefore, when it is 3 times the magnifying power of this, Pixel Pts meets horizontally in the block I generated, and is arranged in the location of the 1st pixel. Similarly, the circumference pixels b, c, d, and e of Pixel Pts are also arranged at the core in each block.

[0075] Drawing 12 is the table T1 having shown the arithmetic expression which calculates three pixel values I0-I2 which are generated by FURU en C conversion to a horizontal direction, and which met horizontally. As shown in this table T1, even if Parameters m are 2 and 3, the pixel value Pts turns into the pixel value I1 as it is. That is, the output by the FURU en C conversion to the circumference pixel values b, c, d, and e etc. is altogether set to 0 in a corresponding location (1st pixel location in Block I). And in other blocks, the pixel value (b1, c1, d1, e1) generated in the center position where Pixels b, c, d, and e are arranged turns into the pixel values b, c, d, and e as it is similarly.

[0076] Drawing 13 is drawing having shown FURU en C conversion to a perpendicular direction. If FURU en C conversion which met perpendicularly is performed as shown in drawing 13, the block B0 of $3 \times 3 = 9$ piece will be generated. The pixel value $I'11$ generated is equal to the pixel value I1 Pts, i.e., a pixel value, as it is. Moreover, the pixel value $I'10$ and $I'12$ become equal to the pixel values I0 and I2, respectively.

[0077] Generally, when the number of magnifying power is odd, the value of each pixel Pyx of the subject-copy image data P becomes equal to the value of the pixel Jyx located at the core in each block B of expansion image data J generated (B0). Therefore, only in the number of pixels of the subject-copy image data P, the pixel value Jyx equal to the pixel value Pyx of the subject-copy image data P exists in expansion image data J generated (below, this pixel value Jyx is called joint).

[0078] Thus, it is based on the property of the FURU en C function shown by drawing 4 that the pixel value which is in a center position in each block B (B0) generated by FURU en C conversion turns into a value of each pixel Pyx of the subject-copy image data P as it is.

[0079] By the way, expansion image data J carries out FURU en C conversion of each pixel Pyx of the subject-copy image data P, and is generated by interpolating the value between each pixel (generation). Therefore, the image quality of expansion image data J is so high that the value of the

pixel Jyx which there is the variation between each pixel, namely, it adjoins changes smoothly.
[little]

[0080] However, when a joint exists in expansion image data J, the pixel value change between the pixels centering on a joint is not smooth compared with the case (magnifying power is even number) where a joint does not exist. For example, change of the pixel values I0, I1, and I2 shown in Table T1 of drawing 12 is not smooth compared with change of the pixel values I2, I3, I4, and I5 shown in Table T0 of drawing 8. Since the horizontal pixel value generated by FURU en C conversion to a horizontal direction becomes equal to the pixel value which corresponds in each block B generated by FURU en C conversion to a perpendicular direction (for example, I0 and I'10), the pixel value change between the pixels which met perpendicularly also becomes moreover, less smooth. Therefore, the image quality of expansion image data J by which magnifying power is generated [odd times] falls off compared with even times many expansion [as this] image data J.

[0081] So, with this operation gestalt, when performing odd times as many FURU en C transform processing as this to the subject-copy image data P, the location of each pixel of expansion image data J generated is relatively moved to each pixel Pyx of the arranged subject-copy image data P. In addition, with this operation gestalt, in order to smooth pixel value change between the pixels of expansion image data J generated, the setting range of Parameter m is made or more into two.

[0082] Drawing 14 is drawing having shown the shift processing in the FURU en C conversion which met horizontally.

[0083] As shown in drawing 14, on the whole in shift processing, only movement magnitude deltaS shifts each horizontal pixel location in each block I generated rightward [level] (it shifts). By this right shift processing, Pixel Pts moves to the location between pixel location 0 'watch and 1' watch in Block I. Movement magnitude deltaS here is 1/6, when the die length of each block B which constitutes each block I, i.e., expansion image data J, generated is set to 1.

[0084] Drawing 15 is the table having shown the value of three horizontal pixel values I0-I2 generated by FURU en C conversion to a horizontal direction. The pixel value (= Pts) used as a joint stops existing by shift processing being performed so that it may understand by comparing this table T2 with Table T1 shown in drawing 12.

[0085] Drawing 16 shows the shift processing at the time of the FURU en C conversion which met perpendicularly. However, it is shown here by the picture element part generated among the blocks B0 generated based on the pixel values f0, g0, h0, I0, and k0.

[0086] In vertical shift processing, each pixel location in each block B (B0) generated is shifted to perpendicular down only for movement magnitude deltaS, respectively. For example, the pixel value I0 generated by FURU en C conversion to a horizontal direction moves in block B0 between the pixel locations of the 1st [0 / 'the pixel location of eye watch and 1'] watch which met perpendicularly.

[0087] When shift processing to such a horizontal direction and a perpendicular direction is performed, a joint does not exist in each block B generated, but the value of Pixel Jyx changes smoothly into each block B.

[0088] Drawing 17 is the flow chart which showed the program of the FURU en C conversion to the subject-copy image data P.

[0089] At step 101, each pixel Pyx of the subject-copy image data P is arranged in the location (core of each block) which corresponds in expansion image data J generated, respectively.

[0090] At step 102, it is judged whether the number of the set-up magnifying power Z is odd.

[0091] In step 102, if judged with the number of magnifying power Z being odd, it will move to step 103. On the whole at step 103, the location of each pixel of expansion image data J generated is shifted rightward [level] only for movement magnitude deltaS. When magnifying power is set to Z and magnitude of one block B of expansion image data J generated is set to 1, movement magnitude deltaS becomes 1/(2Z). If shift processing is performed horizontally, it will move to step 104.

[0092] At step 104, FURU en C conversion is horizontally performed to the subject-copy image data

P, and, thereby, a pixel value is horizontally generated only for the number of magnifying power Z. If FURU en C conversion to a horizontal direction is performed, it will move to step 105.

[0093] On the whole at step 105, the pixel location of each block B of expansion image data J generated is shifted to perpendicular down only for movement magnitude $\Delta S (= 1/(2Z))$. And at step 106, FURU en C conversion to a perpendicular direction is performed to the horizontal pixel value generated in step 104, the block B which consists of the number of pixels according to magnifying power is generated by this, and expansion image data J is generated. This program will be ended if expansion image data J is generated.

[0094] In step 102, if it is not odd times the magnifying power Z of this, i.e., it is judged that they are even times, it will move to step 107.

[0095] Activation of step 107 is the same as the activation in step 103, and the activation in step 108 is the same as activation of step 106. That is, FURU en C conversion to a horizontal direction and a perpendicular direction is performed to each pixel Pyx of the subject-copy image data P, and, thereby, expansion image data J is generated. This program will be ended if step 108 is performed.

[0096] As mentioned above, according to this operation gestalt, FURU en C conversion is performed to each pixel Pyx of the subject-copy image data P, and, thereby, expansion image data J is generated. Thus, by making FURU en C conversion apply in expansion processing, the pixel value change between each pixel becomes smooth, and image quality does not deteriorate in the expansion processing process from the subject-copy image data P to expansion image data J.

[0097] When the number of magnifying power is odd, only the movement magnitude ΔS according to magnifying power moves the pixel location of expansion image data J generated to the location of each pixel Pyx of the arranged subject-copy image data P. The pixel value change between each pixel in expansion image data J which the joint when the value of the pixel Pyx of the subject-copy image data P turns into a value of the pixel Jyx of expansion image data J as it is stops existing by this, and is generated becomes smooth. That is, in generation of expansion image data J, image quality degradation is suppressed from the subject-copy image data P.

[0098] In addition, the left may be performed, and with this operation gestalt, although shift processing to the right and a perpendicular direction is made down for the shift processing to a horizontal direction, shift processing may be performed upward instead. Moreover, expansion processing may be carried out to a horizontal chisel or a perpendicular chisel instead of carrying out about a horizontal direction and each perpendicular direction.

[0099]

[Effect of the Invention] As mentioned above, suppressing degradation of image quality, according to this invention, subject-copy image data can be expanded and expansion image data can be generated.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram having shown the electric circuit of the expansion image generation equipment which is this operation gestalt.

[Drawing 2] It is drawing having shown FURU en C transform processing to subject-copy image data.

[Drawing 3] It is drawing having shown the FURU en C function.

[Drawing 4] It is drawing having shown the FURU en C function.

[Drawing 5] It is drawing having shown the normalized FURU en C function.

[Drawing 6] It is drawing having shown FURU en C conversion.

[Drawing 7] It is drawing having shown FURU en C conversion to a horizontal direction.

[Drawing 8] It is the table having shown the arithmetic expression which calculates the horizontal pixel value generated.

[Drawing 9] It is drawing having shown FURU en C conversion to a perpendicular direction.

[Drawing 10] It is the table having shown the arithmetic expression which calculates the pixel value of the perpendicularly it is generated.

[Drawing 11] Magnifying power is drawing having shown FURU en C conversion to the horizontal direction in odd number.

[Drawing 12] It is the table having shown the arithmetic expression which calculates the horizontal pixel value generated.

[Drawing 13] Magnifying power is drawing having shown FURU en C conversion to the perpendicular direction in odd number.

[Drawing 14] It is drawing having shown the shift processing to the level right.

[Drawing 15] It is the table having shown the formula which calculates the horizontal pixel value generated.

[Drawing 16] It is drawing having shown the shift processing to perpendicular down.

[Drawing 17] It is the flow chart which showed shift processing and FURU en C transform-processing actuation.

[Description of Notations]

10 Expansion Image Generation Equipment

11 Magnifying-Power Setting Section

12 Shift Processing Section

13 FURU En C Transducer (Expansion Image Generation Section)

J Expansion image data

P Subject-copy image data

deltaS Movement magnitude

Z Magnifying power

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

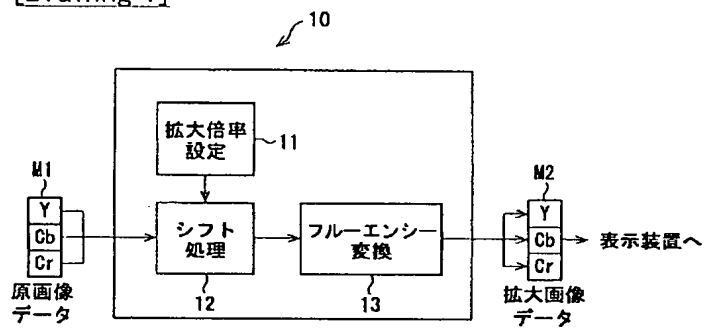
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

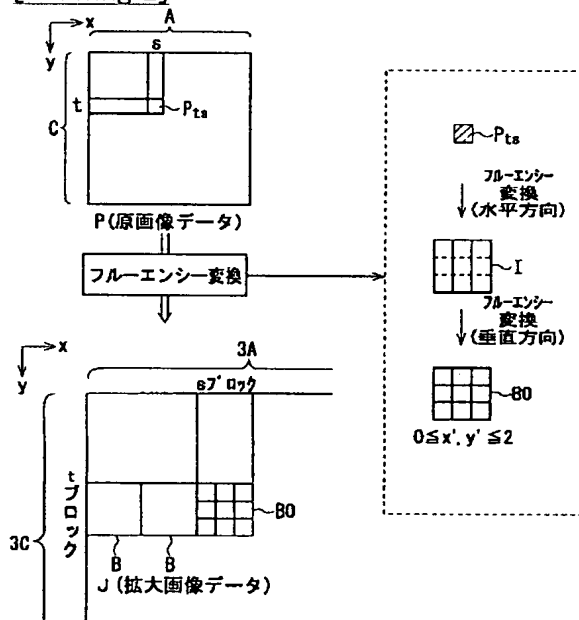
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

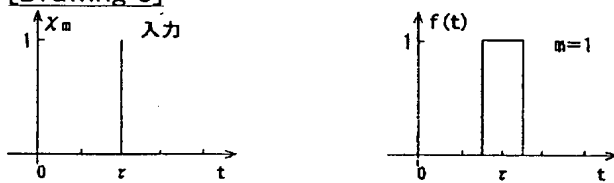
[Drawing 1]



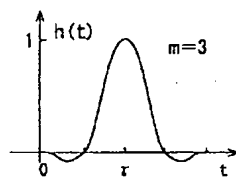
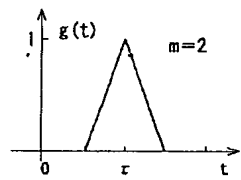
[Drawing 2]



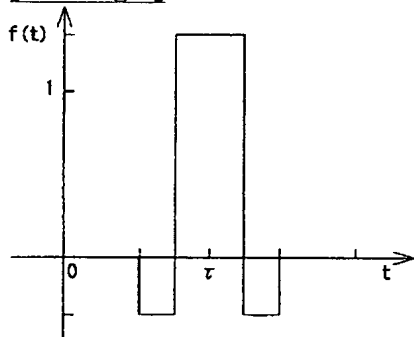
[Drawing 3]



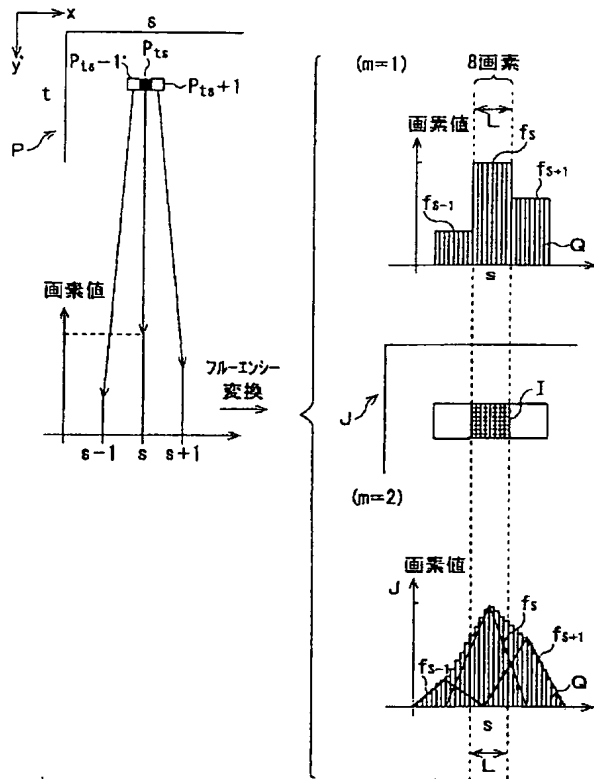
[Drawing 4]



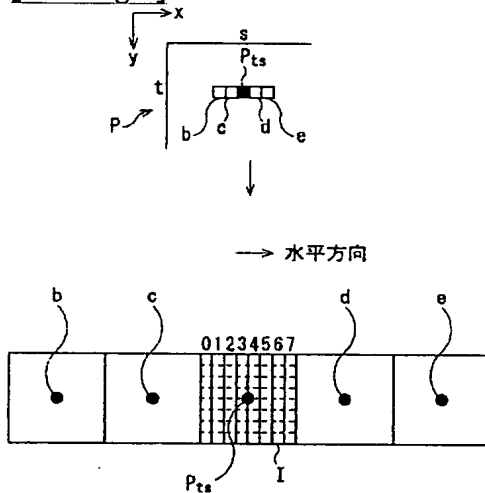
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]

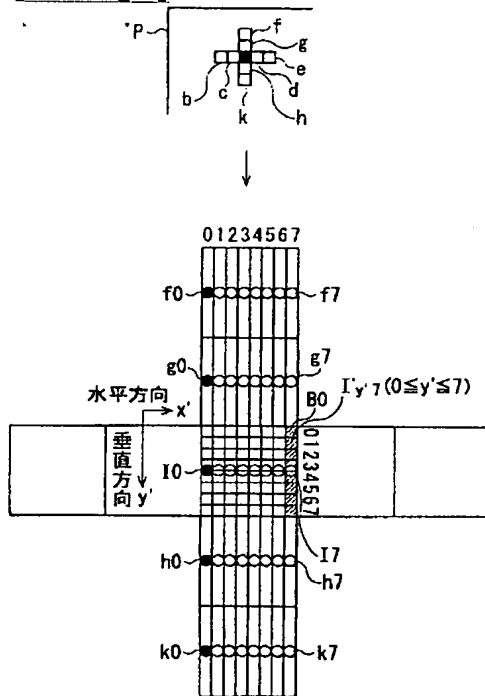


[Drawing 8]

T O

m	1	2	3
I0	P_{ts}	$(9P_{ts}+7c)/16$	$(681P_{ts}+469c-77d-49b)/1024$
I1	P_{ts}	$(11P_{ts}+5c)/16$	$(849P_{ts}+285c-85d-25b)/1024$
I2	P_{ts}	$(13P_{ts}+3c)/16$	$(961P_{ts}+141c-69d-9b)/1024$
I3	P_{ts}	$(15P_{ts}+c)/16$	$(1017P_{ts}+37c-29d-b)/1024$
I4	P_{ts}	$(15P_{ts}+d)/16$	$(1017P_{ts}-29c+37d-e)/1024$
I5	P_{ts}	$(13P_{ts}+3d)/16$	$(961P_{ts}-69c+141d-9e)/1024$
I6	P_{ts}	$(11P_{ts}+5d)/16$	$(849P_{ts}-85c+285d-25e)/1024$
I7	P_{ts}	$(9P_{ts}+7d)/16$	$(681P_{ts}-77c+469d-49e)/1024$

[Drawing 9]

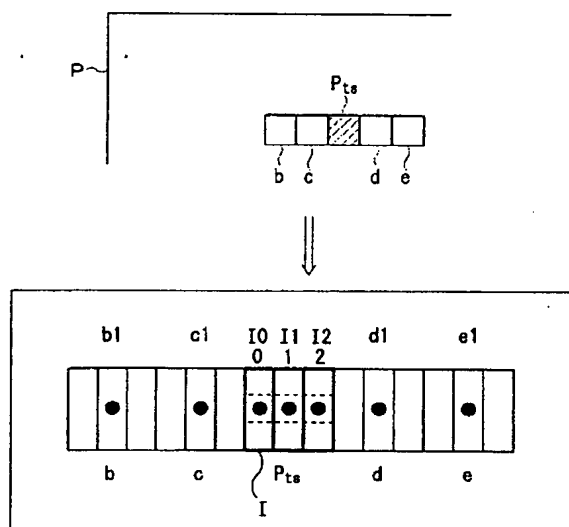


[Drawing 10]

T O'

m	1	2	3
I'07	I7	$(9I7+7g7)/16$	$(681I7+469g7-77h7-49f7)/1024$
I'17	I7	$(11I7+5g7)/16$	$(849I7+285g7-85h7-25f7)/1024$
I'27	I7	$(13I7+3g7)/16$	$(961I7+141g7-69h7-9f7)/1024$
I'37	I7	$(15I7+g7)/16$	$(1017I7+37g7-29h7-f7)/1024$
I'47	I7	$(15I7+h7)/16$	$(1017I7-29g7+37h7-k7)/1024$
I'57	I7	$(13I7+3h7)/16$	$(961I7-69g7+141h7-9k7)/1024$
I'67	I7	$(11I7+5h7)/16$	$(849I7-85g7+285h7-25k7)/1024$
I'77	I7	$(9I7+7h7)/16$	$(681I7-77g7+469h7-49k7)/1024$

[Drawing 11]

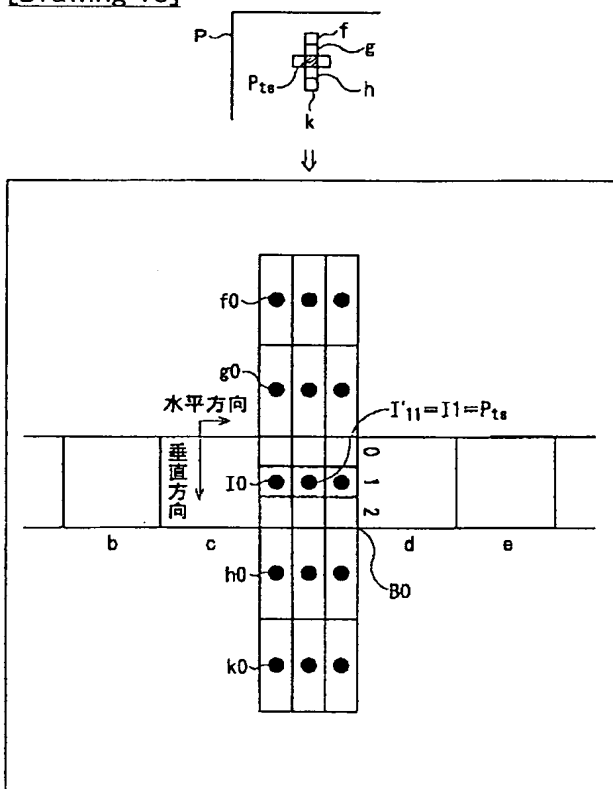


[Drawing 12]

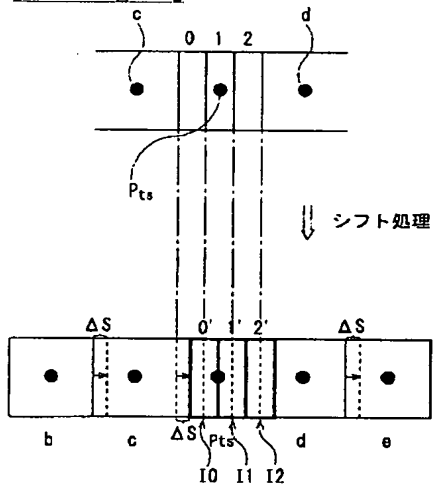
T 1

m	1	2	3
I0	P_{ts}	$(P_{ts} + 2c) / 3$	$(29P_{ts} + 11c - 3d - b) / 36$
I1	P_{ts}	P_{ts}	P_{ts}
I2	P_{ts}	$(P_{ts} + 2d) / 3$	$(29P_{ts} - 3c + 11d - e) / 36$

[Drawing 13]



[Drawing 14]

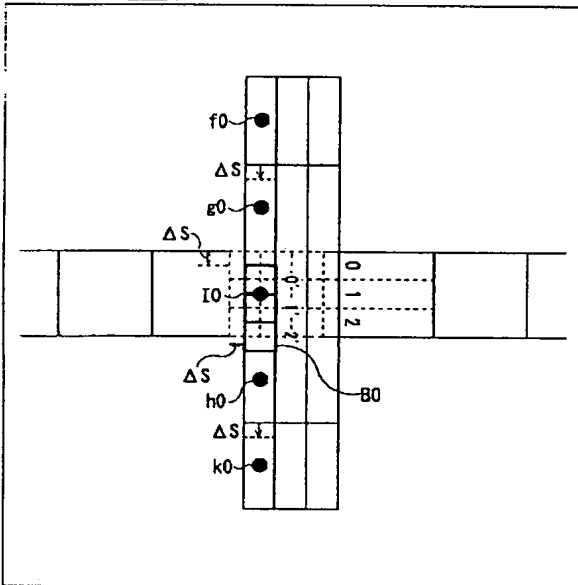


[Drawing 15]

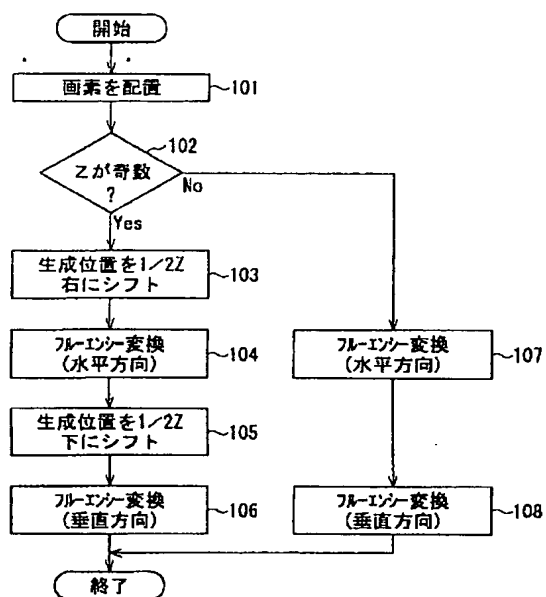
T 2

m	1	2	3
I0	P_{ts}	$(5P_{ts}+c)/6$	$(137P_{ts}+17c-9d-b)/144$
I1	P_{ts}	$(5P_{ts}+d)/6$	$(137P_{ts}-9c+17d-e)/144$
I2	P_{ts}	$(P_{ts}+d)/2$	$(9P_{ts}-c+9d-e)/16$

[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-136378

(P2001-136378A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 4 N 1/393

H 0 4 N 1/393

5 B 0 5 7

G 0 6 T 3/40

G 0 6 T 3/40

C 5 C 0 7 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-252146 (P2000-252146)

(22) 出願日 平成12年8月23日 (2000.8.23)

(31) 優先権主張番号 特願平11-235960

(32) 優先日 平成11年8月23日 (1999.8.23)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72) 発明者 阿部 紳聡

北海道札幌市厚別区下野幌テクノパーク1

-1-10 札幌市エレクトロニクスセンタ

-313号室 旭光学工業株式会社ペンタッ

クステクノロジー札幌内

(74) 代理人 100090169

弁理士 松浦 孝

Fターム(参考) 5B057 CA01 CA06 CA16 CB01 CB08

CB16 CD06 CD10 CG05 CH08

5C076 AA21 BA06 BB04 BB15 BB40

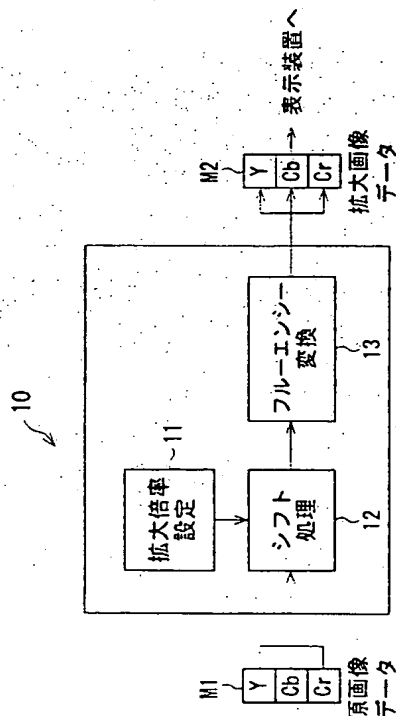
CB01

(54) 【発明の名称】 拡大画像生成装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】画質劣化を抑えながら、原画像データから原画像データより画素数の多い拡大画像データを生成する。

【解決手段】 拡大画像生成装置10内に、拡大倍率設定部11、シフト処理部12、フルエンシー変換部13を設ける。拡大倍率設定部11において、拡大倍率を設定する。シフト処理部12では、原画像データの画素を対応する拡大画像データの位置に配置し、拡大倍率が奇数である場合、生成される拡大画像データの画素位置をシフトする。そして、フルエンシー変換部13において、配置された原画像データに対してフルエンシー変換を施す。これにより、拡大画像データが生成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マトリクス状に配置された所定の画素数で構成される原画像データから前記原画像データの画素数より多くの画素から成る拡大画像データを生成する拡大画像生成装置であって、

少なくとも前記原画像データの水平方向および垂直方向のいずれかの拡大倍率を設定する拡大倍率設定手段と、前記原画像データの各画素を、前記拡大倍率にしたがって、生成される前記拡大画像データにおいて対応する位置に配置する画素配置手段と、設定される前記拡大倍率が奇数であるか否かを検出する拡大倍率検出手段と、

前記拡大倍率が奇数である場合、生成される前記拡大画 *

$$f(t) = (1/2\pi) \int_{-\pi}^{\pi} F(u) [\cdot] \phi(t, u) du$$

ただし、

$$[\cdot] \phi(t, u) = (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \sum_{p=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - u + 2\pi p) \right\} \times \left\{ \sum_{q=-\infty}^{\infty} (1 - q(2\pi/\omega))^{-2m} \right\}^{-1/2} \times \exp(i\omega t) d\omega$$

ただし、 $F(u)$ を前記原画像データの画素値とし、 $f(t)$ をその出力値と定める。 $\phi(t, u)$ は、フルーエンシー関数空間 S の関数であり、関数空間の m (1、2、3・・・) は、微分可能性をしめすパラメータである。

【請求項3】 前記拡大画像生成手段が、前記原画像データの各画素値に対して前記フルーエンシー変換による出力値を生成し、前記拡大画像データにおける各画素の位置に対応する前記フルーエンシー変換の出力値の総和を、前記拡大画像データの画素値と定めることを特徴とする請求項2に記載の拡大画像生成装置。

【請求項4】 前記拡大画像生成手段が、水平方向へのフルーエンシー変換により、配置された前記原画像データの画素から水平方向に沿った複数の画素値を生成し、その後、前記水平方向に沿った複数の画素値に対して垂直方向へのフルーエンシー変換を施すことにより、前記拡大画像データを生成することを特徴とする請求項1もしくは請求項3に記載の拡大画像生成装置。

【請求項5】 前記シフト手段が、前記原画像データの画素に対して前記水平方向へのフルーエンシー変換が施される場合、生成される前記拡大画像データの画素位置と隣接する画素位置との間に画素が位置するように前記画素位置を水平方向に移動させ、さらに、前記水平方向に沿った複数の画素値に対して前記垂直方向へのフルーエンシー変換が施される場合、生成される前記拡大画像データの画素位置と隣接する画素位置との間に画素が位置するように前記画素位置を垂直方向に移動させること

*像データの画素位置を、前記拡大倍率に応じた移動量だけ、配置された前記原画像データの画素の位置に対して相対的に移動させるシフト手段と、

配置された前記原画像データの各画素に対し、前記拡大倍率に応じてフルーエンシー変換を施すことにより、前記拡大画像データを生成する拡大画像生成手段とを備えたことを特徴とする拡大画像生成装置。

【請求項2】 前記拡大画像生成手段が、前記原画像データの各画素に対して次式に示すフルーエンシー変換を施すことにより、前記拡大画像データを生成することを特徴とする請求項1に記載の拡大画像生成装置。

【数式1】

を特徴とする請求項4に記載の拡大画像生成装置。

【請求項6】 前記シフト手段が、前記拡大倍率を Z とし、前記原画像データの1つの画素に対する前記フルーエンシー変換により生成されるブロックの水平方向および垂直方向の画素数の長さを1とした時に、生成される前記拡大画像データの画素位置を、水平方向および垂直方向にそれぞれ移動量 $1/(2Z)$ だけ移動させることを特徴とする請求項5に記載の拡大画像生成装置。

【請求項7】 マトリクス状に配置された所定の画素数で構成される原画像データから前記原画像データの画素数より多くの画素から成る拡大画像データを生成する拡大画像生成方法であって、

少なくとも前記原画像データの水平方向および垂直方向のいずれかの拡大倍率を設定する第1のステップと、

原画像データの各画素を、前記拡大倍率にしたがって、生成される前記拡大画像データにおいて対応する位置に配置する第2のステップと、

設定される前記拡大倍率が奇数であるか否かを検出する第3のステップと、

前記拡大倍率が奇数である場合、生成される前記拡大画像データの画素位置を、前記拡大倍率に応じた移動量だけ、配置された前記原画像データの画素の位置に対して相対的に移動させる第4のステップと、

配置された前記原画像データの各画素に対し、前記拡大倍率に応じてフルーエンシー変換を施すことにより、前記拡大画像データを生成する第5のステップとを備えたことを特徴とする拡大画像生成方法。

(3)

3

【請求項8】 マトリクス状に配置された所定の画素数で構成される原画像データから前記原画像データの画素数より多くの画素から成る拡大画像データを生成する拡大画像生成処理を実行するプログラムを格納した記録媒体であって、

少なくとも前記原画像データの水平方向および垂直方向のいずれかの拡大倍率を設定し、

原画像データの各画素を、前記拡大倍率にしたがって、生成される前記拡大画像データにおいて対応する位置に配置し、

設定される前記拡大倍率が奇数であるか否かを検出し、前記拡大倍率が奇数である場合、生成される前記拡大画像データの画素位置を、前記拡大倍率に応じた移動量だけ、配置された前記原画像データの画素の位置に対して相対的に移動させ、

配置された前記原画像データの各画素に対し、前記拡大倍率に応じてフルーエンシー変換を施すことにより、前記拡大画像データを生成することを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、少数の画素から成る原画像データを拡大し、原画像データより多くの画素から成る拡大画像データを生成する拡大画像生成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、少ない画素数で構成される原画像データを拡大して、より多くの画素からなる拡大画像データを生成する拡大画像生成装置が知られており、拡大処理においては、原画像データの画素に対して線形補間など補間処理が施され、これにより、拡大画像データの画素値が生成される。このような拡大画像生成装置によれば、少数の画素で構成される表示装置（ディスプレイ）に表示されるデジタル画像を、より多くの画素から成る大画面の表示装置に切り替えて表示することが可能となり、また、同一の表示装置において、原画像の一部を拡大した拡大画像を表示することもできる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、線形補間などの補間処理では、生成される拡大画像データの隣接する画素に関し、画素値の変化が滑らかにならず、精度のよい拡大画像データが生成されない。すなわち、拡大処理において、画質が劣化する。

【0004】 本発明は、画質の劣化を抑えながら、原画像データを拡大して拡大画像データを生成する拡大画像生成装置を得ることを目的とする。

10 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の拡大画像生成装置は、マトリクス状に配置された所定の画素数で構成される原画像データから原画像データの画素数より多くの画素から成る拡大画像データを生成する拡大画像生成装置であって、少なくとも前記原画像データの水平方向および垂直方向のいずれかの拡大倍率を設定する拡大倍率設定手段と、原画像データの各画素を、拡大倍率にしたがって、生成される前記拡大画像データにおいて対応する位置に配置する画素配置手段と、設定される拡大倍率が奇数であるか否かを検出する拡大倍率検出手段と、拡大倍率が奇数である場合、生成される拡大画像データの画素位置を、拡大倍率に応じた移動量だけ、配置された原画像データの画素の位置に対して相対的に移動させるシフト手段と、配置された原画像データの各画素に対し、拡大倍率に応じてフルーエンシー変換を施すことにより、拡大画像データを生成する拡大画像生成手段とを備えたことを特徴とする。このように、原画像データの各画素に対してフルーエンシー変換を施すことで、画素値の変化が滑らかとなるように、拡大画像データの画素値が生成される。また、拡大倍率が奇数の時にシフト処理を施すことで、画素値の変化が滑らかとなり、画質劣化が抑えられた拡大画像データが生成される。

20

【0006】 拡大画像生成手段は、原画像データの各画素に対して次式に示すフルーエンシー変換を施すことにより、拡大画像データを生成することが望ましい。

【数式2】

$$f(t) = (1/2\pi) \int_{-\pi}^{\pi} F(u) [\cdot] \phi(t, u) du$$

ただし、

$$[\cdot] \phi(t, u) = (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \sum_{p=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - u + 2\pi p) \right\} \\ \times \left\{ \sum_{q=-\infty}^{\infty} (1 - q(2\pi/\omega))^{-2m} \right\}^{-1/2} \times \exp(i\omega t) d\omega \\ \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $F(u)$ を原画像データの画素値とし、 $f(t)$ をその出力値と定める。 $\phi(t, u)$ は、フルーエンシー関数空間 S の関数であり、関数空間の m (1、2、3・・・) は、微分可能性をしめすパラメータである。(1) 式を用いることで、離散的な値である原画像データの画素値が、連続的な値をとる出力値に変換される。

【0007】拡大画像生成手段は、原画像データの各画素値に対してフルーエンシー変換による出力値を生成し、拡大画像データにおける各画素の位置に対応するフルーエンシー変換の出力値の総和を、拡大画像データの画素値と定めることが望ましい。これにより、生成される拡大画像データの画素値の変化が滑らかとなる。

【0008】拡大画像生成手段は、水平方向へのフルーエンシー変換により、配置された原画像データの画素から水平方向に沿った複数の画素値を生成し、その後、水平方向に沿った複数の画素値に対して垂直方向へのフルーエンシー変換を施すことにより、拡大画像データを生成することが望ましい。このような変換により、原画像データの一つの画素から拡大倍率に応じた複数の画素から成るブロックが生成される。

【0009】シフト手段は、原画像データの画素に対して水平方向へのフルーエンシー変換が施される場合、生成される拡大画像データの画素位置と隣接する画素位置との間に画素が位置するように画素位置を水平方向に移動させ、さらに、水平方向に沿った複数の画素値に対して垂直方向へのフルーエンシー変換が施される場合、生成される拡大画像データの画素位置と隣接する画素位置との間に画素が位置するように画素位置を垂直方向に移動させることが望ましい。

【0010】例えば、シフト手段は、拡大倍率を Z とし、原画像データの 1 つの画素に対するフルーエンシー変換により生成される画素ブロックの水平方向および垂直方向の画素数の長さを 1 とした時に、生成される拡大

画像データの画素位置を、水平方向および垂直方向にそれぞれ移動量 $1/Z$ だけ移動させる。この場合、原画像データの画素位置は、生成される拡大画像データの画素位置と画素位置との間に配置される。

【0011】

【発明の実施の形態】以下では、図面を参照して、本発明の実施形態である拡大画像生成装置について説明する。

【0012】図 1 は、拡大画像生成装置のブロック図である。拡大画像生成装置は、CPU (図示せず) によって制御されており、画像データの拡大処理が実行される。拡大処理を実行するためのプログラムは記録媒体 (図示せず) に記録されている。

【0013】格納メモリ M1 には、輝度データ Y および色差データ Cb、Cr の原画像データが格納されている。この原画像データは、例えば、デジタルカメラなどにより撮影された画像に対応しており、複数の画素で構成される。輝度データ Y および色差データ Cb、Cr の原画像データは、格納メモリ M1 において独立した領域にそれぞれ格納されており、拡大画像生成装置 10 に入力されると、それぞれ別々に拡大処理される。

【0014】拡大画像生成装置 10 は、拡大倍率設定部 11、シフト処理部 12、フルーエンシー変換部 13 から構成されており、原画像データの画素数より多い画素数で構成される拡大画像データを生成する。

【0015】拡大倍率設定部 11 では、オペレータによるスイッチ (図示せず) の操作もしくは外部からの制御装置 (図示せず) により、原画像データに対する拡大画像データの拡大倍率が設定される。本実施形態では、拡大倍率を整数倍とする。

【0016】シフト処理部 12 では、原画像データの各画素が、拡大画像データにおいて対応する位置に配置される。そして、拡大倍率が奇数である場合、原画像データの各画素に対してシフト処理が施される。一方、拡大

倍率が偶数である場合、原画像データの各画素に対しシフト処理は施されない。なお、シフト処理については、後で詳述する。

【0017】フルーエンシー変換部（拡大画像生成部）13では、原画像データの各画素に対してフルーエンシー変換が施され、これにより、拡大画像データが生成される。生成された拡大画像データは、格納メモリM2に送られる。

【0018】輝度データYおよび色差データCb、Crの拡大画像データは、外部の表示装置などに送られ、これにより、原画像データの画素数よりも多くの画素で構成される拡大画像データが、画像として表示装置に表示される。

【0019】図2は、原画像データに対する拡大処理を示した図である。

【0020】原画像データPは、 $A \times C$ の画素数から成り、水平方向にA個、垂直方向にC個の画素がマトリクス状に並んでいる。ここでは、原画像データPの左上隅を原点として水平方向にx座標（ $0 \leq x < A$ ）、垂直方向にy座標（ $0 \leq y < C$ ）を設定する。例えば、水平方向に沿ってs番目、垂直方向に沿ってt番目に位置する画素は、 P_{ts} と表される。

【0021】原画像データPの各画素 P_{yx} に対し、拡大倍率（3倍）にしたがって、フルーエンシー変換がそれぞれ水平方向および垂直方向に施される。ただし、本実施形態における拡大倍率は、水平方向、垂直方向それぞれに対する拡大率を示す。例えば、画素 P_{ts} に対し、まず水平方向へのフルーエンシー変換が施され、水平方向に沿って3つの画素から成る画素ブロックIが生成される。さらに、垂直方向へのフルーエンシー変換が3つの生成された画素に対して施され、これにより、 $3 \times 3 = 9$ 個の画素から成るブロックB0が生成される。

【0022】そして、原画像データPのすべての画素 P_{yx} に対してフルーエンシー変換が施されることにより、 $3 \times 3 = 9$ 個の画素からなるブロックBから構成される拡大画像データJが生成される。ブロックBの位置は、拡大画像データJにおいて、フルーエンシー変換の対象となった原画像データPの画素 P_{yx} の位置に対応している。例えば、ブロックB0の位置は、原画像データPの画素 P_{ts} の位置に対応しており、拡大画像データJにおいて、水平方向にsブロック目、垂直方向にtブロック

目に位置する。なお、拡大画像データJにおいて、ブロックB0以外のブロックをここではBとして表す。

【0023】ブロックB0内における画素の位置を示すため水平方向に x' （ $0 \leq x' \leq 2$ ）、垂直方向に y' （ $0 \leq y' \leq 2$ ）の座標を設定し、ブロックB0内における各画素を $I'_{y'x'}$ と表す。拡大画像データJの画素 J_{yx} と $I'_{y'x'}$ とは、次式の関係を満たす。

【数式3】

$$J_{yx} = J_{I \times 3 + y', s \times 3 + x'} = I'_{y'x'} \quad \dots (2)$$

【0024】このように、各画素 P_{yx} は、フルーエンシー変換が施される場合、生成される拡大画像データJの対応する位置、すなわち、生成されるブロックBの中心位置に配置される。

【0025】原画像データPの1つの画素 P_{yx} から水平方向および垂直方向にそれぞれ3倍した9個の画素ブロックBが生成されることから、拡大画像データJの水平方向の画素数および垂直方向の画素数は、それぞれ3A、3Cとなる。拡大倍率が水平方向および垂直方向に関する拡大率であることから、生成されるブロックBの画素数は拡大倍率の2乗となる。

【0026】このように、 $A \times C$ の原画像データPは、拡大倍率が3倍でのフルーエンシー変換により、 $3A \times 3C$ の拡大画像データJに変換される。

【0027】図3～図6を参照して、フルーエンシー変換について説明する。フルーエンシー変換は、フルーエンシー（Fluency）関数に基づいた変換であるので、フルーエンシー関数空間およびフルーエンシー関数を最初に説明し、その後、直交変換であるフルーエンシー変換について述べる。

【0028】フルーエンシー関数は、様々な信号を適切に表現できる関数として従来知られており、例えば、「数理科学No. 363, pp8-12(1993)」(以下、文献1という)に開示されている。

【0029】まず、フルーエンシー関数の関数空間について定義する。下に示すように、(3)式で示される矩形関数により生成される階段状関数からなる関数を(4)式で示すとき、関数空間・Sは、(5)式で定義される。ただし、(4)式の b_n は、係数である。

【0030】

【数式4】

$$\chi(t) = \begin{cases} 1, & |t| \leq 1/2 \\ 0, & \text{その他} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$^1S := \left\{ f: R \rightarrow C \mid f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \chi(t-n), \quad \{b_n\} \in l^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$^mS := \left\{ h: R \rightarrow C \mid h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t-\tau)g(\tau)d\tau, \quad f \in {}^{m-1}S, \quad g \in {}^1S \right\} \quad \dots\dots\dots (5)$$

($m \geq 2$)

【0031】関数空間 mS の m は、 $(m-2)$ 回連続微分可能な高々 $(m-1)$ 次の区分的多項式から関数が成

20

り立っていることを意味する。また、(5)式では、畳み込み積分が施されていることを示している。

ンパルス応答に相当する関数系は、標本化基底とその双直交基底の組として双直交標本化定理により導出されており、この定理において、任意の関数 $f \in {}^mS$ は、標本値 $f_n := f(n)$ に対して、(6)、(7)式を満たす。

【0032】この一連の関数空間 mS が、連続微分可能性 m をパラメータとして、階段状関数空間 ($m=1$) からフーリエ帯域制限関数空間 ($m \rightarrow \infty$) までを結びつける関数空間となっている。関数空間 mS を特徴づけるイ

【0033】
【数式5】

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f_n [{}^mS] \phi(t-n) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$f_n = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{[{}^mS] \phi(t-n)} dt \quad \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 $[{}^mS] \phi \in {}^mS$ は、

$$[{}^mS] \phi \in {}^mS = (1/2\pi) \int \left\{ \sum_{q=-\infty}^{\infty} [(-1)^q (1 - q(2\pi/\omega))]^m \right\}^{-1} \times \exp(i\omega t) d\omega$$

$[{}^mS] \phi \in {}^mS$ は、

$$\int_{-\infty}^{\infty} [{}^mS] \phi(t-n) \overline{[{}^mS] \phi(t-p)} dt = \begin{cases} 1, & p = n \\ 0, & p \neq n \end{cases}$$

を満たす

【0034】(6)式は、標本値から導出されたフルーエンシー変換関数を示し、標本値列を展開係数とする関数の展開形式を表している。また、(7)式は、フルーエンシー変換関数から導出されたフルーエンシー逆変換関数を示しており、関数からその標本値列を得る作用素を積分変換の形式で表している。なお、 p は任意の変数である。また、 ϕ の上部に示されたバー(横線)は、 ϕ の共役複素数をとることを示している。

【0035】また、関数空間 \mathcal{S} において、 m を無限大*

$$f(t) = (1/2\pi) \int_{-\pi}^{\pi} F(u) [\bar{\phi}(t, u)] du \quad \dots (8)$$

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi(t, u) dt \quad \dots (9)$$

ただし、

$$[\bar{\phi}(t, u)] = (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \sum_{p=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - u + 2\pi p) \right\} \times \left\{ \sum_{q=-\infty}^{\infty} (1 - q(2\pi/\omega))^{-2m} \right\}^{-1/2} \times \exp(i\omega t) d\omega$$

【0037】本実施形態では、(8)式をフルーエンシー直交変換、(9)式をフルーエンシー直交逆変換として表す。このような双直交標本化定理や直交変換などを含めた枠組みを、フルーエンシー解析と呼ぶ。

【0038】(8)式のフルーエンシー直交変換は、離散的なサンプル(標本値)を連続的な関数値に変換させることが可能である。そこで、本実施形態では、直交変換であるフルーエンシー変換(8)式を利用して、原画像データに拡大処理を施す。すなわち、原画像データの各画素値に対して(8)式のフルーエンシー変換を適用し、出力される連続的な関数値に基づいて拡大画像データを生成する。

【0039】そこで、まず具体的にパラメータ m の値を設定した時のフルーエンシー関数を示す。

【0040】関数空間 \mathcal{S} において、パラメータ m を順※40

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \chi_n \chi(t-n) = \begin{cases} 1, & \tau-1/2 < t < \tau+1/2 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases} \quad f(t) \in \mathcal{S}$$

...(10)

【0043】 $m=1$ でのフルーエンシー関数は、図3で示すように、矩形関数になる。そして、パラメータ $m=2$ である時のフルーエンシー関数は、次式で示すように、この矩形関数と $f(t)$ との畳み込み積分により求

*とする極限でフーリエ変換に一致するという意味での周波数概念の一般化を与え、 \mathcal{S} の高調波構造を特徴付ける直交変換は、フルーエンシー直交変換定理により導入されており、この定理において、任意の関数 $f \in \mathcal{S}$ は、(8)、(9)式を満たす。ただし、 $\phi(t, u)$ は、 \mathcal{S} の関数であり、Diracの δ 関数を用いて表される。なお、 u は、任意の変数である。

【0036】

【数式6】

※次1、2・・・としたときのフルーエンシー関数を求めていく。フルーエンシー関数の最も簡単な関数系は、

(3)式で示した矩形関数 $\chi(t)$ を(4)式の $f(t) \in \mathcal{S}$ とし、この $f(t)$ を(5)式における関数 $g \in \mathcal{S}$ とした関数である。すなわち、入力値として矩形関数の代わりに δ 関数を用いることで出力 $f(t) \in \mathcal{S}$ を矩形関数とし、(5)式において関数空間 \mathcal{S} から関数空間 \mathcal{S} への変換のために施される畳み込みの関数に $f(t)$ を適用させる。

【0041】入力値(標本値) χ_n を、 $t=\tau$ の時に1、それ以外ときに0である δ 関数とする(図3参照)。 $m=1$ の場合、その出力であるフルーエンシー関数は、次式で表される。

【0042】

【数式7】

められる。求められるフルーエンシー関数 $g(t)$ は、図4に示すように、三角形状関数となる。

【0044】

【数式8】

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t-\tau)f(\tau)d\tau = \begin{cases} t-\tau+1, & \tau-1 < t \leq \tau \\ -t+\tau+1, & \tau < t < \tau+1 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases} \quad g(t) \in {}^2S$$

... (11)

【0045】パラメータ $m=3, 4, \dots$ のときも同様に畳み込み積分が施される。すなわち、パラメータ $(m-1)$ におけるフルーエンシー関数と (10) 式の $f(t)$ との畳み込み積分が施されると、 ${}^{m-1}S$ の関数空間が mS の関数空間に変換され、これにより、パラメータ m におけるフルーエンシー関数が生成される。

【0046】例えば、パラメータ $m=3$ の時、(11) *

$$h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t-\tau)f(\tau)d\tau \quad h(t) \in {}^3S$$

$$= \begin{cases} -\frac{1}{4}(t-\tau+2)^2, & \tau-2 < t < \tau-\frac{3}{2} \\ \frac{3}{4}(t-\tau+1)^2 + \frac{1}{2}(t-\tau+1), & \tau-\frac{3}{2} \leq t < \tau-1 \\ \frac{5}{4}(t-\tau+1)^2 + \frac{1}{2}(t-\tau+1), & \tau-1 \leq t < \tau-\frac{1}{2} \\ -\frac{7}{4}(t-\tau)^2 + 1, & \tau-\frac{1}{2} \leq t < \tau+\frac{1}{2} \\ \frac{5}{4}(t-\tau-1)^2 - \frac{1}{2}(t-\tau-1), & \tau+\frac{1}{2} \leq t < \tau+1 \\ \frac{3}{4}(t-\tau-1)^2 - \frac{1}{2}(t-\tau-1), & \tau+1 \leq t < \tau+\frac{3}{2} \\ -\frac{1}{4}(t-\tau-2)^2, & \tau+\frac{3}{2} \leq t < \tau+2 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases}$$

... (12)

【0048】このように、パラメータ m の値を変えていくことにより、フルーエンシー関数は様々な関数に変化する。図3、4で示された、 $m=1, 2, 3$ におけるフルーエンシー関数は、(6)式における $\phi(t)$ の例となる基本的関数であり、文献1にも開示されている。そして、本実施形態では、これら具体的に示されたフルーエンシー関数に基づくフルーエンシー変換を、原画像データPに対して施す。

【0049】なお、関数空間 ${}^{m-1}S$ から mS への変換において、図3に示す $f(t)$ を畳み込みにそのまま使用すると、 $t=\tau$ で関数値が入力値の1とならない。そこで、本実施形態では、関数空間 ${}^{m-1}S$ から関数空間 mS への変換時 ($m \geq 3$) において畳み込みに使用される $f(t)$ を、図3ではなく図5に示すような形状の関数を使用する。例えば、 $m=3$ のとき、 $f(t)$ は、次式で

*式で求められた $g(t)$ と $f(t)$ との畳み込み積分が施されることにより、図4に示すような曲線状のフルーエンシー関数 $h(t)$ が求められる。フルーエンシー関数 $h(t)$ は、次式で表される。

【0047】

【数式9】

表される。

【0050】

【数式10】

$$f(t) = \begin{cases} -\frac{1}{3}, & \tau-1 < t \leq \tau-\frac{1}{2} \\ \frac{4}{3}, & \tau-\frac{1}{2} < t \leq \tau+\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{3}, & \tau+\frac{1}{2} < t < \tau+1 \\ 0, & \text{それ以外} \end{cases} \quad \dots (13)$$

【0051】関数 $f(t)$ は、面積が1になるように正規化されており、これにより、フルーエンシー関数は、正規系をなす。したがって、 $t=\tau$ の値は、常に1となる。

【0052】図6は、原画像データPの画素 P_{yx} の値およびそれに対応する拡大画像データJの画素 J_{yx} の値をそれぞれグラフで示した図である。ここでは、フルエンシー変換による画素値生成を説明するため、水平方向へのフルエンシー変換を示す。ただし、拡大倍率は8倍であり、生成されるブロックは、 $8 \times 8 = 64$ 個の画素から構成される。

【0053】一例として、原画像データPにおいて互いに値が異なった隣接する3つの画素 P_{ts-1} 、 P_{ts} 、 P_{ts+1} に対し、水平方向へのフルエンシー変換を適用する。すなわち、3つの画素に対して、(8)式に示すフルエンシー直交変換を適用させる。ただし、入力値 $F(u)$ が、それぞれ画素 P_{ts-1} 、 P_{ts} 、 P_{ts+1} の値となる。

【0054】出力となる $f(t)$ は、図3、図4で示したフルエンシー関数に対応する。すなわち、フルエンシー直交変換により、サンプルである画素値が連続的に値をとる関数値に変換される。

【0055】パラメータ $m=1$ の場合、フルエンシー変換による出力 $f(t)$ は、矩形関数となり、生成されるブロックIの水平方向の8つの画素値は、それぞれ同じ値となる。本実施形態では、この矩形関数の出力範囲 L を、拡大倍率と対応させており、この図では、生成される水平方向の8つの画素値の範囲に対応する。

【0056】パラメータ $m=1$ であれば、画素 P_{ts-1} 、 P_{ts+1} に対するフルエンシー変換の出力 f_{s-1} 、 f_{s+1} は、ブロックB0における画素値算出に影響しない。なお、画素 P_{ts-1} 、 P_{ts} 、 P_{ts+1} に対する水平方向へのフルエンシー変換により生成される各画素を、それぞれ縦棒線Qで示す。

【0057】パラメータ $m=2$ の場合、3つの画素 P_{ts-1} 、 P_{ts} 、 P_{ts+1} の値がそれぞれ(8)式によりフルエンシー変換されると、出力 $f(t)$ は、図6で示すように、それぞれ f_{s-1} 、 f_s 、 f_{s+1} となる。この場合、各出力の出力範囲において、お互いに重なり合う部分が存在し、生成されるブロックIの画素値は、対応する各出力 f_{s-1} 、 f_s 、 f_{s+1} の出力値を加算した値となる。つまり、ブロックIにおける各画素の位置に応じたそれぞれの出力値の総和を、その位置における画素値として算出する。

【0058】さらにパラメータ m の値が大きくなると、フルエンシー変換による出力 $f(t)$ の出力範囲はより広くなり、ブロックIの各画素値は、画素 P_{ts-1} 、 P_{ts+1} だけでなく、それ以外の周辺画素に対するフルエンシー変換の出力値に基づいて算出される。

【0059】このように、原画像データPの画素 P_{yx} に対して(8)式で示すフルエンシー変換を水平方向に適用させることで、水平方向に沿って画素が生成される。したがって、原画像データPの各画素 P_{yx} に対して水平方向、垂直方向に沿って順次フルエンシー変換を

施すことにより、離散的に配置されたサンプル(原画像データの画素値)からサンプル間の画素値が生成(補間)され、拡大画像データの各画素 J_{yx} の生成が可能となる。このとき、パラメータ m の値に応じて、画素 J_{yx} の値も変化する。

【0060】図7～図10を用いて、フルエンシー変換による拡大画像データJの生成について説明する。ただし、拡大倍率は8倍である。

【0061】図7は、原画像データP(特に、画素 P_{ts})に対する水平方向のフルエンシー変換を示した図である。本実施形態では、パラメータ m を1～3の範囲で設定する。水平方向へのフルエンシー変換により生成されるブロックIの水平方向の各画素値を算出するのに必要となる画素 P_{ts} の周辺画素を、それぞれ b 、 c 、 d 、 e で表す。また、ブロックIにおける画素位置を、左から0、1、2・・・7の順番で示す。

【0062】まず、原画像データPの各画素 P_{yx} を、生成される拡大画像データJにおいて対応する位置に配置する。すなわち、各ブロックB(B0)の中心(水平方向へのフルエンシー変換により生成されるブロックIの中心)に位置に画素 P_{yx} を配置する。この画素配置が施された後、所定のパラメータ m によるフルエンシー変換が水平方向に施される。例えば、画素 P_{ts} は、生成されるブロックI内の水平方向の中心(3番目と画素位置と4番目の画素位置との間)においてフルエンシー変換される。これにより、水平方向に沿った8つの画素が求められる。同じように、画素 b 、 c 、 d 、 e を含む他の画素に対しても、生成されるブロックIの水平方向の中心(ブロックBの中心)においてフルエンシー変換が施される。

【0063】図8は、水平方向に生成される8つの画素値を算出する式を示した表T0である。この表T0では、パラメータ m が1～3の時の画素値を求める算術式をそれぞれ示しており、これらの式は、(8)式に基づいて得られる。なお、生成される8つの画素値を、画素位置0～7に対応するように、それぞれ I_0 、 I_1 、 I_2 、・・・ I_7 と表す。

【0064】図8に示すように、パラメータ $m=1$ の場合、すべての画素値 I_0 、 I_1 ・・・ I_7 が、原画像データPの画素 P_{ts} の値となる。一方、パラメータ $m=2$ の場合、画素 c 、 P_{ts} 、 d に対するフルエンシー変換により得られるそれぞれの出力値に基づいて、8つの水平方向の画素値(I_0 ～ I_7)が求められる。パラメータ $m=3$ の場合は、画素 b 、 c 、 P_{ts} 、 d 、 e に対するフルエンシー変換により得られるそれぞれの出力値に基づいて、水平方向の8つの画素値が求められる。ただし、各画素の値を、ここでは画素と同じ符号 b 、 c 、 P_{ts} 、 d 、 e として表す。

【0065】このような水平方向のフルエンシー変換が原画像データPの各画素 P_{yx} に対して施されると、次

に、各画素値から生成された水平方向の8つの画素値に対し、垂直方向のフルーエンシー変換が施される。

【0066】図9は、水平方向へのフルーエンシー変換により生成された8つの画素値（特に、 $I_0 \sim I_7$ ）に対する垂直方向へのフルーエンシー変換を示した図である。ブロックB0における垂直方向の各画素の位置にも、それぞれ0～7の順序を設定する。パラメータmの範囲が1～3であるフルーエンシー変換を考慮して、ブロックB0における各画素の値を求めるのに必要となる周辺画素を、b、c、d、eに加え、それぞれf、g、h、kとする。

【0067】原画像データPの各画素 P_{yx} に対して水平方向にフルーエンシー変換が施されているため、画素f、g、h、kに関しても、水平方向に8つの画素値が算出されている。例えば、原画像データPの画素gの値に基づいて、水平方向に画素値 $g_0, g_1, g_2, \dots, g_7$ がそれぞれ生成されている。

【0068】生成された水平方向の8つの画素値 $I_0 \sim I_7$ に対し、それぞれ垂直方向にフルーエンシー変換が施される。このとき、画素値 $I_0 \sim I_7$ は、生成されるブロックB0の垂直方向に沿った中心（3番目と4番目の画素位置の間）に位置している。他の画素f0～f7、g0～g7、h0～h7、k0～k7に対しても、生成される各ブロックBにおいて同様な位置に配置された状態で、垂直方向へのフルーエンシー変換が施される。

【0069】垂直方向へのフルーエンシー変換が施されると、 $8 \times 8 = 64$ 個の画素からなるブロックB0が生成される。生成されるブロックB0の各画素値を $I'_{y'x'}$ （ $0 \leq x' \leq 7, 0 \leq y' \leq 7$ ）と示すと、各画素値 $I'_{y'x'}$ は、図8で示された算術式により求められる。ただし、画素値b、c、 P_{ts} 、d、eの代わりに、それぞれ画素値f0～f7、g0～g7、 $I_0 \sim I_7$ 、h0～h7、k0～k7が用いられる。

【0070】図10では、パラメータmが1～3の設定範囲において、水平方向に沿って7番目に位置する8つの画素値 $I'_{y'7}$ （ $y' = 0 \sim 7$ ）を求める算術式を示した表T0'を示している。例えば、パラメータm=2の場合、8つの画素値 $I'_{y'7}$ （ $y' = 0 \sim 7$ ）は、3つ画素値g7、I7、h7の値に基づいてそれぞれ求められる。

【0071】このように、水平方向、垂直方向のフルーエンシー変換により、画素 P_{ts} から $8 \times 8 = 64$ 個の画素から成るブロックB0が生成される。フルーエンシー変換が原画像データPのすべての画素 P_{yx} に対して施されることによって、拡大画像データJが生成される。

【0072】図11～図16を用いて、シフト処理部12（図1参照）において施されるシフト処理について説明する。

【0073】図11は、拡大倍率が奇数であるときの水

平方方向のフルーエンシー変換を示した図である。ここでは、拡大倍率を3倍とする。

【0074】水平方向のフルーエンシー変換が実行される場合、原画像データPの各画素 P_{yx} は、生成されるブロックの中心位置に配置されている。したがって、拡大倍率が3倍である場合、例えば画素 P_{ts} は、生成されるブロックIにおいて水平方向に沿って1番目の画素の位置に配置される。同じように、画素 P_{ts} の周辺画素b、c、d、eも、各ブロックにおける中心に配置されている。

【0075】図12は、水平方向へのフルーエンシー変換により生成される水平方向に沿った3つの画素値 $I_0 \sim I_2$ を求める算術式を示した表T1である。この表T1に示すように、パラメータmが2、3であっても、画素値 P_{ts} がそのまま画素値 I_1 になる。すなわち、周辺画素値b、c、d、eなどに対するフルーエンシー変換による出力は、対応する位置（ブロックIにおける1番目の画素位置）においてすべて0となる。そして、他のブロックにおいて、画素b、c、d、eが配置されている中心位置において生成される画素値（b1、c1、d1、e1）も、同様に、そのまま画素値b、c、d、eとなる。

【0076】図13は、垂直方向へのフルーエンシー変換を示した図である。図13に示すように、垂直方向に沿ったフルーエンシー変換が施されると、 $3 \times 3 = 9$ 個のブロックB0が生成される。生成される画素値 I'_{11} は、そのまま画素値 I_1 、すなわち画素値 P_{ts} と等しい。また、画素値 I'_{10} および I'_{12} も、それぞれ画素値 I_0 、 I_2 と等しくなる。

【0077】一般的に、拡大倍率が奇数である場合、原画像データPの各画素 P_{yx} の値は、生成される拡大画像データJの各ブロックB（B0）の中で中心に位置する画素 J_{yx} の値と等しくなる。したがって、生成される拡大画像データJには、原画像データPの画素値 P_{yx} に等しい画素値 J_{yx} が原画像データPの画素数だけ存在する（この画素値 J_{yx} を、以下では節点という）。

【0078】このようにフルーエンシー変換により生成される各ブロックB（B0）の中で中心位置にある画素値がそのまま原画像データPの各画素 P_{yx} の値となるのは、図4で示したフルーエンシー関数の特性による。

【0079】ところで、拡大画像データJは、原画像データPの各画素 P_{yx} をフルーエンシー変換し、各画素間の値を補間（生成）することにより生成される。そのため、各画素間の変化量が少ない、すなわち、隣接する画素 J_{yx} の値が滑らかに変化するほど、拡大画像データJの画質が高い。

【0080】しかしながら、拡大画像データJに節点が存在する場合、節点を中心とする画素間の画素値変化は、節点が存在しない場合（拡大倍率が偶数）に比べて、滑らかでない。例えば、図12の表T1で示す画素

値 I_0 、 I_1 、 I_2 の変化は、図 8 の表 T0 で示す画素値 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I_5 の変化に比べて滑らかでない。また、水平方向へのフルーエンシー変換によって生成される水平方向の画素値が垂直方向へのフルーエンシー変換によって生成される各ブロック B において対応する画素値と等しくなるため（例えば、 I_0 と I'_{10} ）、垂直方向に沿った画素間の画素値変化も滑らかでなくなる。したがって、拡大倍率が奇数倍において生成される拡大画像データ J の画質は、偶数倍の拡大画像データ J に比べて落ちる。

【0081】そこで、本実施形態では、原画像データ P に対して奇数倍でのフルーエンシー変換処理を施す場合、生成される拡大画像データ J の各画素の位置を、配置された原画像データ P の各画素 P_{yx} に対し、相対的に移動させる。なお、本実施形態では、生成される拡大画像データ J の画素間の画素値変化を滑らかにするため、パラメータ m の設定範囲を 2 以上とする。

【0082】図 14 は、水平方向に沿ったフルーエンシー変換におけるシフト処理を示した図である。

【0083】図 14 に示すように、シフト処理において、生成される各ブロック I における水平方向の各画素位置を、移動量 ΔS だけ水平右方向に全体的にシフトする（ずらす）。この右シフト処理により、例えば画素 P_{1s} は、ブロック I において、画素位置 0' 番と 1' 番の間の位置に移動する。ここでの移動量 ΔS は、生成される各ブロック I、すなわち拡大画像データ J を構成する各ブロック B の長さを 1 とした場合、 $1/6$ である。

【0084】図 15 は、水平方向へのフルーエンシー変換により生成される水平方向の 3 つの画素値 $I_0 \sim I_2$ の値を示した表である。この表 T2 と図 12 に示した表 T1 とを比べることによってわかるように、シフト処理が施されることで、節点となる画素値（ $= P_{1s}$ ）が存在しなくなる。

【0085】図 16 は、垂直方向に沿ったフルーエンシー変換時におけるシフト処理を示している。ただし、ここでは、生成されるブロック B0 のうち、画素値 f_0 、 g_0 、 h_0 、 I_0 、 k_0 に基づいて生成される画素部分のみ示している。

【0086】垂直方向のシフト処理では、生成される各ブロック B（B0）における各画素位置が、垂直下方向に移動量 ΔS だけそれぞれシフトされる。例えば、水平方向へのフルーエンシー変換により生成された画素値 I_0 は、ブロック B0 において、垂直方向に沿った 0' 番目の画素位置と 1' 番目の画素位置の間に移動する。

【0087】このような水平方向および垂直方向へのシフト処理が施された場合、生成される各ブロック B 内において節点は存在せず、各ブロック B 内において画素 J_{yx} の値は、滑らかに変化する。

【0088】図 17 は、原画像データ P に対するフルーエンシー変換のプログラムを示したフローチャートであ

る。

【0089】ステップ 101 では、原画像データ P の各画素 P_{yx} が、生成される拡大画像データ J において対応する位置（各ブロックの中心）にそれぞれ配置される。

【0090】ステップ 102 では、設定された拡大倍率 Z が奇数であるか否かが判定される。

【0091】ステップ 102 において、拡大倍率 Z が奇数であると判定されるとステップ 103 に移る。ステップ 103 では、生成される拡大画像データ J の各画素の位置が、全体的に水平右方向に移動量 ΔS だけシフトされる。拡大倍率を Z とし、生成される拡大画像データ J の 1 つのブロック B の大きさを 1 としたとき、移動量 ΔS は、 $1/(2Z)$ となる。水平方向にシフト処理が施されると、ステップ 104 に移る。

【0092】ステップ 104 では、原画像データ P に対して水平方向にフルーエンシー変換が施され、これにより、水平方向に拡大倍率 Z の数だけ画素値が生成される。水平方向へのフルーエンシー変換が施されると、ステップ 105 に移る。

【0093】ステップ 105 では、生成される拡大画像データ J の各ブロック B の画素位置が、全体的に垂直下方向に移動量 ΔS （ $= 1/(2Z)$ ）だけシフトされる。そして、ステップ 106 では、ステップ 104 において生成された水平方向の画素値に対して垂直方向へのフルーエンシー変換が施され、これにより、拡大倍率に応じた画素数から成るブロック B が生成され、拡大画像データ J が生成される。拡大画像データ J が生成されると、このプログラムは終了する。

【0094】ステップ 102 において、拡大倍率 Z が奇数倍ではない、すなわち偶数倍であると判断されると、ステップ 107 に移る。

【0095】ステップ 107 の実行は、ステップ 103 における実行と同じであり、また、ステップ 108 における実行は、ステップ 106 の実行と同じである。すなわち、原画像データ P の各画素 P_{yx} に対して水平方向、垂直方向へのフルーエンシー変換が施され、これにより、拡大画像データ J が生成される。ステップ 108 が実行されると、このプログラムは終了する。

【0096】以上のように本実施形態によれば、原画像データ P の各画素 P_{yx} に対してフルーエンシー変換が施され、これにより、拡大画像データ J が生成される。このように、拡大処理においてフルーエンシー変換を適用させることにより、各画素間の画素値の変化が滑らかとなり、原画像データ P から拡大画像データ J への拡大処理過程において、画質が劣化しない。

【0097】拡大倍率が奇数である場合、生成される拡大画像データ J の画素位置を、配置された原画像データ P の各画素 P_{yx} の位置に対し、拡大倍率に応じた移動量 ΔS だけ移動させる。これにより、原画像データ P の画素 P_{yx} の値がそのまま拡大画像データ J の画素 J_{yx} の値

となる節点は存在なくなり、生成される拡大画像データ J における各画素間の画素値の変化は、滑らかとなる。すなわち、原画像データ P から拡大画像データ J の生成において、画質劣化が抑えられる。

【0098】なお、本実施形態では、水平方向へのシフト処理を右方向、垂直方向へのシフト処理を下方向としているが、代わりに、左方向、上方向にシフト処理を施してもよい。また、拡大処理は、水平方向、垂直方向それぞれについて実施する代わりに、水平方向のみ、あるいは垂直方向のみに対して実施してもよい。

【0099】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、画質の劣化を抑えながら、原画像データを拡大して拡大画像データを生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施形態である拡大画像生成装置の電気的回路を示したブロック図である。

【図 2】原画像データに対するフルーエンシー変換処理を示した図である。

【図 3】フルーエンシー関数を示した図である。

【図 4】フルーエンシー関数を示した図である。

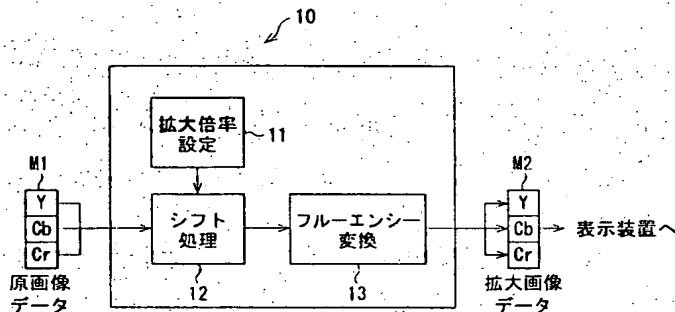
【図 5】正規化されたフルーエンシー関数を示した図である。

【図 6】フルーエンシー変換を示した図である。

【図 7】水平方向へのフルーエンシー変換を示した図である。

【図 8】生成される水平方向の画素値を求める算術式を示した表である。

【図 1】



【図 3】



【図 9】垂直方向へのフルーエンシー変換を示した図である。

【図 10】生成される垂直方向の画素値を求める算術式を示した表である。

【図 11】拡大倍率が奇数での水平方向へのフルーエンシー変換を示した図である。

【図 12】生成される水平方向の画素値を求める算術式を示した表である。

【図 13】拡大倍率が奇数での垂直方向へのフルーエンシー変換を示した図である。

【図 14】水平右方向へのシフト処理を示した図である。

【図 15】生成される水平方向の画素値を求める式を示した表である。

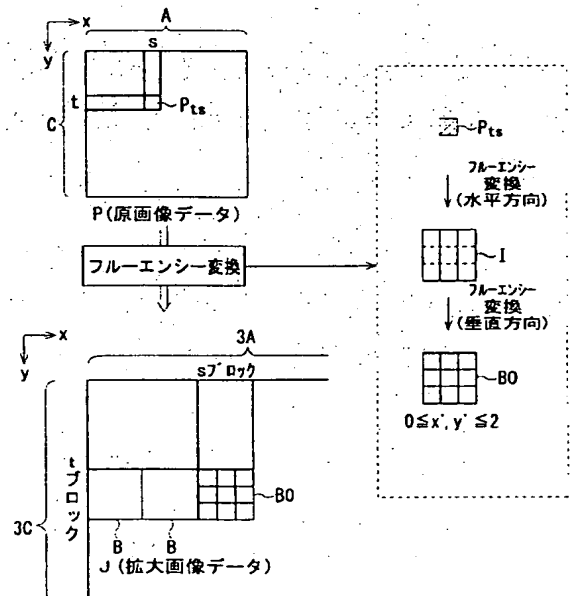
【図 16】垂直下方向へのシフト処理を示した図である。

【図 17】シフト処理およびフルーエンシー変換処理動作を示したフローチャートである。

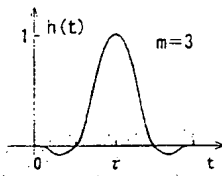
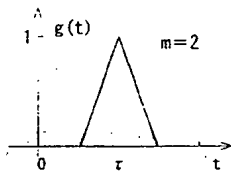
【符号の説明】

- 10 拡大画像生成装置
- 11 拡大倍率設定部
- 12 シフト処理部
- 13 フルーエンシー変換部（拡大画像生成部）
- J 拡大画像データ
- P 原画像データ
- ΔS 移動量
- Z 拡大倍率

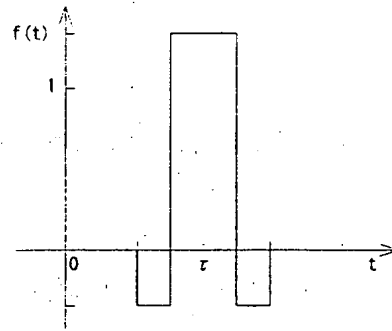
【図 2】



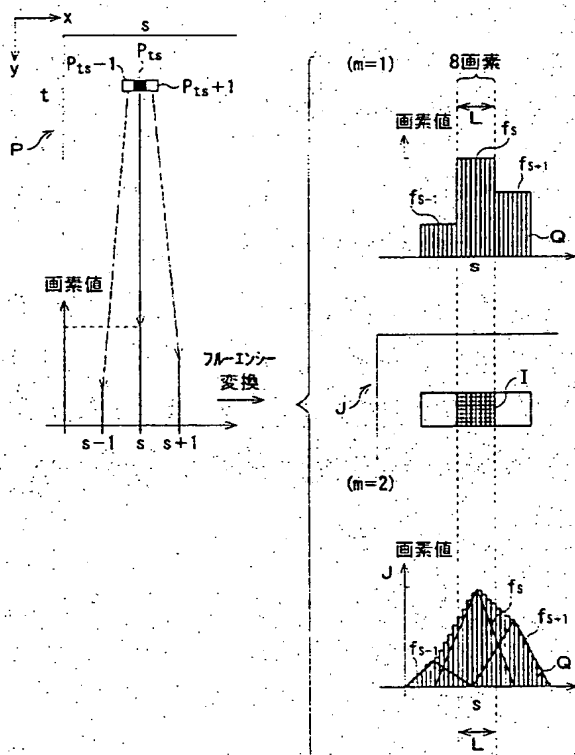
【図4】



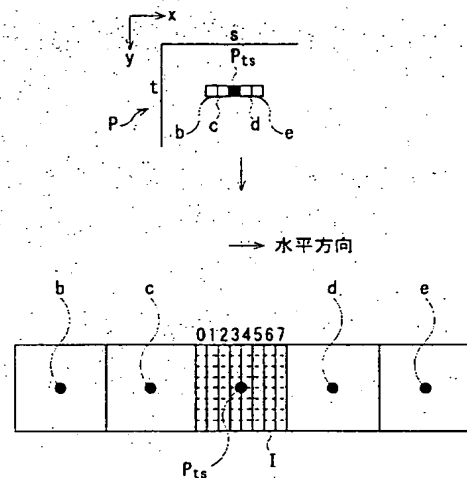
【図5】



【図6】



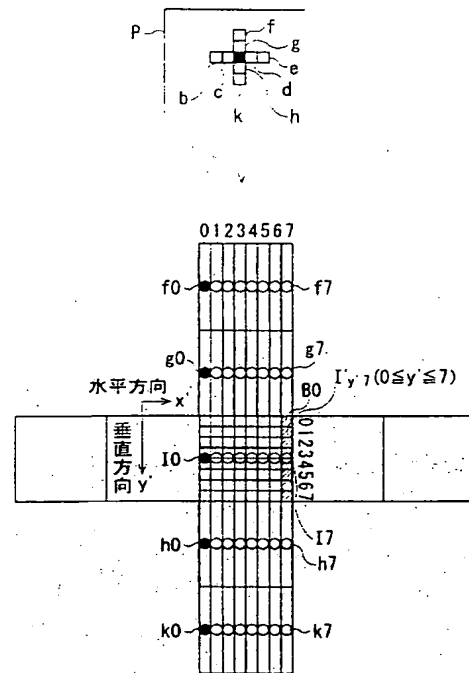
【図7】



【図 8】

T O			
m	1	2	3
I0	P_{ts}	$(9P_{ts}+7c)/16$	$(681P_{ts}+469c-77d-49b)/1024$
I1	P_{ts}	$(11P_{ts}+5c)/16$	$(849P_{ts}+285c-85d-25b)/1024$
I2	P_{ts}	$(13P_{ts}+3c)/16$	$(961P_{ts}+141c-69d-9b)/1024$
I3	P_{ts}	$(15P_{ts}+c)/16$	$(1017P_{ts}+37c-29d-b)/1024$
I4	P_{ts}	$(15P_{ts}+d)/16$	$(1017P_{ts}-29c+37d-e)/1024$
I5	P_{ts}	$(13P_{ts}+3d)/16$	$(961P_{ts}-69c+141d-9e)/1024$
I6	P_{ts}	$(11P_{ts}+5d)/16$	$(849P_{ts}-85c+285d-25e)/1024$
I7	P_{ts}	$(9P_{ts}+7d)/16$	$(681P_{ts}-77c+469d-49e)/1024$

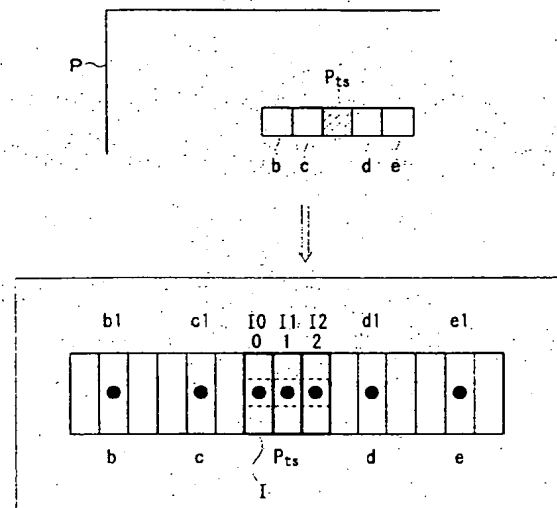
【図 9】



【図 10】

T O'			
m	1	2	3
I'07	I7	$(9I7+7g7)/16$	$(681I7+469g7-77h7-49f7)/1024$
I'17	I7	$(11I7+5g7)/16$	$(849I7+285g7-85h7-25f7)/1024$
I'27	I7	$(13I7+3g7)/16$	$(961I7+141g7-69h7-9f7)/1024$
I'37	I7	$(15I7+g7)/16$	$(1017I7+37g7-29h7-f7)/1024$
I'47	I7	$(15I7+h7)/16$	$(1017I7-29g7+37h7-k7)/1024$
I'57	I7	$(13I7+3h7)/16$	$(961I7-69g7+141h7-9k7)/1024$
I'67	I7	$(11I7+5h7)/16$	$(849I7-85g7+285h7-25k7)/1024$
I'77	I7	$(9I7+7h7)/16$	$(681I7-77g7+469h7-49k7)/1024$

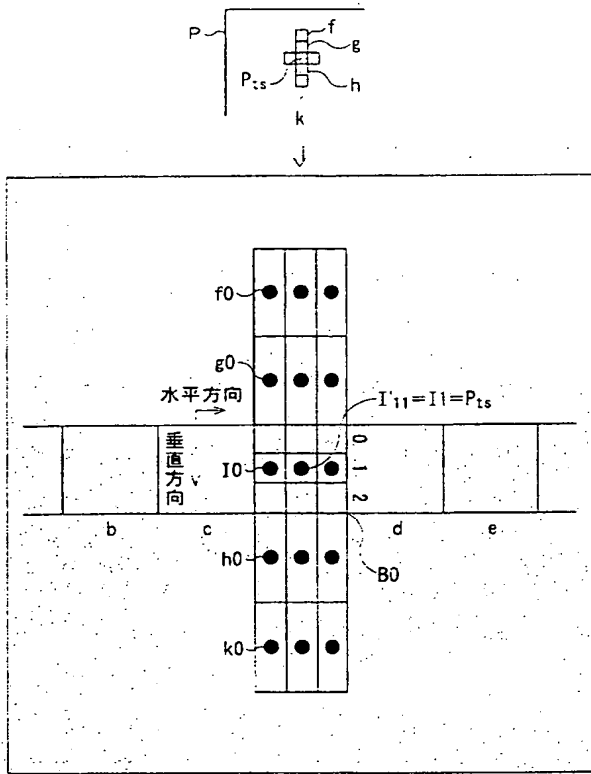
【図 11】



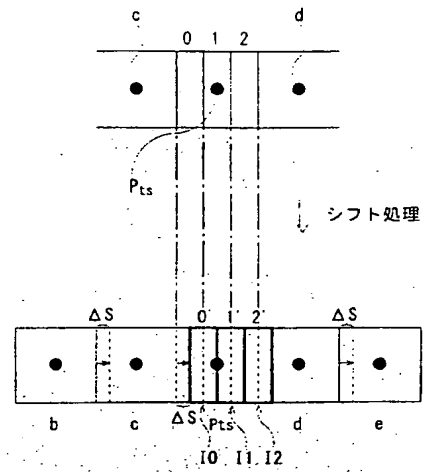
【図 12】

T. 1			
m	1	2	3
I0	P_{ts}	$(P_{ts}+2c)/3$	$(29P_{ts}+11c-3d-b)/36$
I1	P_{ts}	P_{ts}	P_{ts}
I2	P_{ts}	$(P_{ts}+2d)/3$	$(29P_{ts}-3c+11d-e)/36$

【図13】



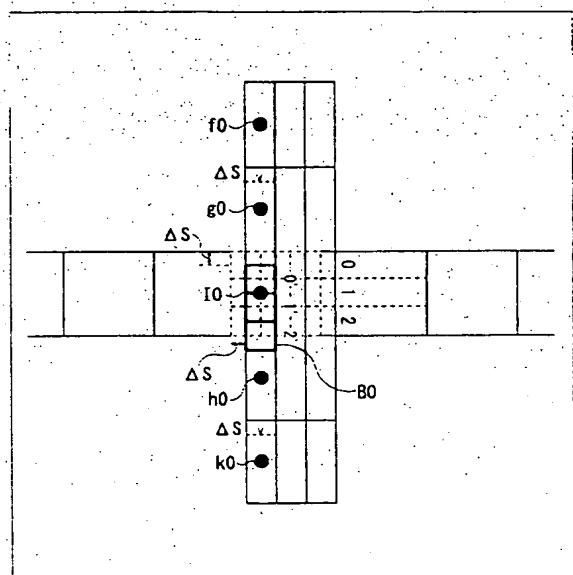
【図14】



【図15】

T2			
m	1	2	3
I0	P_{ts}	$(5P_{ts}+c)/6$	$(137P_{ts}+17c-9d-b)/144$
I1	P_{ts}	$(5P_{ts}+d)/6$	$(137P_{ts}-9c+17d-e)/144$
I2	P_{ts}	$(P_{ts}+d)/2$	$(9P_{ts}-c+9d-e)/16$

【図16】



【図17】

